

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra požární ochrany

Analýza požadavků na fyzickou zdatnost hasiče

Student:

Bc. Hedvika Šikulová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.

Studijní obor:

**Technika požární ochrany a bezpečnosti
průmyslu**

Datum zadání:

15.června 2011

Termín odevzdání:

20. dubna 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Hedvika Šikulová**

Studijní program: N3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor: 3908T006 Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Téma: **Analýza požadavků na fyzickou zdatnost hasiče**
Analysis of Requirements for Firefighter's Physical Condition

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Cílem práce bude zmapovat fyziologické parametry "průměrné" populace a srovnat s požadavky na fyzickou zdatnost hasiče.

Charakteristika práce:

Rešerše;

Přehled a rozbor požadavků na hasiče, především na tělesnou zdatnost;

Výběr vhodných fyziologických parametrů a návrh jejich limitů pro sledování fyzické zdatnosti;

Vyhodnocení;

Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Ganong, W. F. Přehled lékařské fyziologie. Dvacáté vydání. Praha : Galén, 2005. 890 s. ISBN 80-7262-311-7.

Silbenagl, S.; Despopoulos, A. Atlas fyziologie člověka. 6. vydání. Praha : Grada Publishing, 2004. 448 s. ISBN 80-247-0630-X.

McIntyre, D.A., Indoor Climate, 1980, London: Applied Science Publishers LTD.

Štikar, J., et al. Psychologie ve světě práce. Vydání první. Praha: Karolinum, 2003. 461 s. ISBN 80-246-0448-5.

NV 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Sbírka interních aktů řízení.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Šárka Bernatíková, Ph.D.**

Datum zadání: 15.06.2011

Datum odevzdání: 20.04.2012

Ing. Petr Kučera, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD.
děkan fakulty

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat především vedoucí své diplomové práce, Ing. Šárce Bernatíkové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost a praktické rady.

V neposlední řadě děkuji všem hasičům přítomným při experimentálním měření ve Zbirohu, za jejich čas, ochotu, nadšení a nasazení. Díky samozřejmě patří všem ostatním, co se na měřeních podíleli, za jejich práci při realizaci a dobrou náladu i přes nepříliš příznivé počasí a drobné nezdary.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracovala samostatně.

V Ostravě dne 19. 4. 2012

.....
Bc. Hedvika Šikulová

ANOTACE

Analýza požadavků na fyzickou zdatnost hasiče

Tato práce je zaměřena na fyzickou zdatnost hasičů. Udává všeobecný přehled fyziologie práce se zaměřením na práci v nepříznivých klimatických podmínkách. Popisované reakce lidského těla na vysoké teploty, vysokou vlhkost a nadprůměrné pracovní nasazení se opírají se dostupnou literaturu i legislativní požadavky bezpečnosti práce.

Dále práce přináší souhrn některých zahraničních studií týkajících se fyziologických projevů při výkonu povolání hasiče a porovnává je se získanými daty z provedeného experimentálního měření. Výsledkem je popis reálných podmínek při požárním zásahu včetně subjektivního vnímání tohoto prostředí hasiči a stanovení bezpečnostních kritérií pro výkon tohoto náročného povolání.

Klíčová slova

Fyziologie člověka. Fyzická zdatnost hasičů. Práce v nepříznivých klimatických podmínkách. Bezpečnostní limity fyziologických projevů.

ABSTRACT

Analysis of Requirements for Firefighter's Physical Condition

This master thesis focuses on the physical condition of firefighters. It gives a general overview of physiology of work with a focus on work under adverse climate conditions. The described reaction of the human body to high temperatures, high humidity and above-average work commitment based in the available literature and legislative safety requirements.

Further thesis presents a summary of some foreign studies on the physiology of firefighters and compares them with the data obtained from experimental measurements carried out. The result is a description of real conditions during a fire action, including the subjective perception of the environment, firefighters and establishing safety criteria for the performance of this demanding profession.

Keywords

Human physiology. Physical condition of firefighters. Working under adverse climate conditions. Safety limits of physiological responses.

Obsah

1	Úvod	2
2	Fyziologie práce	3
2.1	Svalová práce	3
2.2	Změny v organismu při tělesné práci	5
2.2.1	Reakce kardiovaskulárního systému na svalovou zátěž	5
2.2.2	Reakce dýchacího systému na svalovou zátěž	6
2.3	Termoregulace	7
2.4	Zdravotní důsledky nadměrné svalové zátěže	10
2.4.1	Fyziologická únava	10
2.4.2	Patologická únava	10
2.5	Práce v nepříznivých podmínkách	12
2.6	Reakce organismu na práci v horku	13
2.7	Adaptace na práci v horku	14
3	Trénink	15
3.1	Měření tělesné výkonnosti	15
4	Zahraniční studie	17
5	Experimentální měření	22
5.1	Popis měření	22
5.2	Průběh měření	24
5.2.1	Tepelné podmínky	29
5.2.2	Sledování zdravotního stavu zasahujících hasičů	30
5.3	Použitá měřicí zařízení	32
6	Výstupy měření	33
6.1	Množství potu	33
6.2	Srdeční frekvence	34
6.3	Teplota tělesného jádra	36
6.4	Teplota kůže	37
6.5	Subjektivní pocity	39
6.6	Teploty na povrchu zásahového oděvu	40
7	Vyhodnocení	43
8	Závěr	46
	Seznamy	48
	Zdroje	50

1 Úvod

Příslušníci hasičského záchranného sboru jsou odjakživa obdivováni a považováni za hrdiny. A jejich náročná a nebezpečná práce si to bezesporu zaslouhuje. Už na první pohled je zřejmé, že ne každý má předpoklady takové povolání vykonávat. Výborná fyzická a psychická kondice je samozřejmostí, které každému z nás nejsou vlastní.

Na druhou stranu i ty vhodné kandidáty je nutno chránit v co největší míře, aby nedocházelo ke zraněním nebo dokonce úmrtí při výkonu služby. Dnešní materiály, ze kterých se speciální zásahové oděvy, obuv apod. vyrábějí, jsou velice kvalitní a plní svůj účel, ale stoprocentní ochranu zajistit nedokážou. Namáhavá práce spojená s vysokými teplotami okolního prostředí i přes speciální ochranné prostředky, je pro organismus člověka vysoce náročná. Jak ale zjistit, kdy jde jen o nepříjemný pocit a kdy už všechny negativní vlivy znamenají ohrožení na zdraví nebo životě není snadné.

Cílem této práce je zmapovat základní fyziologii člověka, v souvislosti s namáhavou prací za nepříznivých klimatických podmínek, a v závislosti na uskutečněném měření při praktickém výcviku hasičů a dat získaných ze zahraničních zdrojů se pokusit stanovit kritické momenty při hasebních pracech a navrhnout preventivní opatření pro identifikaci skrytých rizik.

Základní informace o fyziologii člověka, tzn. funkci a projevech lidského organismu, považuji za důležité pro schopnost vyhodnocení získaných dat, proto jsou první kapitoly práce věnovány právě *Pracovnímu lékařství*. Z širokého spektra zájmu tohoto oboru byly vybírány ty části, které popisují procesy činností výkonu povolání hasiče.

Problematika fyziologie hasiče není ničím novým. Především ze zahraničí jsou známy výsledky obdobných studií a experimentů, které jsou popsány v kapitole *Zahraniční studie*. Pro účely této práce jsou, dle mého názoru, neopomenutelnou částí.

2 Fyziologie práce

Pracovní lékařství se zabývá zejména fyziologií a psychologií práce, tj. člověkem v pracovním procesu, a je zahrnováno pod vědní obor zvaný ergonomie. [1] Pro hodnocení pracovní zátěže a stanovení pracovních podmínek je potřeba orientovat se také v základech funkčních mechanismů lidského těla. Z důvodu velkého rozsahu problematiky pracovního lékařství při výkonu povolání hasiče se tato práce nebude zabývat psychologickou složkou tohoto oboru.

Jedná se o aplikovaný vědní obor, který se zabývá funkcí lidského těla a jeho orgánů při práci. Prací se v tomto smyslu rozumí každá lidská činnost, která slouží k zajištění životních potřeb jedince i celé společnosti. [1]

Cílem této vědní disciplíny je odhalení nepříznivých momentů v pracovním procesu, tj. např. režim práce a odpočinku, organizace pracovního procesu, uspořádání pracovního místa, konstrukce strojů atd. Na základě zjištěných poznatků jsou vydávány doporučení na zlepšení pracovních podmínek a postupů s cílem snížit pracovní zátěž nebo zvýšit efektivitu práce. [1] Pro účely této práce jsou podstatné především procesy vykonávání práce člověkem v nepříznivých klimatických podmínkách a jejich vnější projevy.

2.1 Svalová práce

Vykonávání práce obecně lze rozdělit do dvou hlavních skupin. První z nich je práce převážně mentální s prací malých svalových skupin, typickým zástupcem této skupiny je jakákoliv práce s počítačem. Druhou skupinou je práce převážně fyzická, kdy se zapojují velké skupiny svalů, sem lze zařadit posuzovanou práci hasiče, a proto se jí budeme zabývat podobněji.

Obecně můžeme říci, že fyzickou práci vykonávají svaly kosterní, příčně pruhované. Skládají se z jednotlivých buněk (svalových vláken), které vytváří svalové svazky. Více svalových svazků pak tvoří sval, který je upevněn systémem šlach na kostru. Funkční složkou svalu je tzv. sarkomera. Při kontrakci se sarkomera zkracuje tím, že se do sebe zasouvají kontraktilní bílkoviny – myozin a aktin. V důsledku tohoto pohybu dojde k proudu iontů Ca do buňky po depolarizaci membrány svalového vlákna, to zajistí ještě hlubší zasunutí myozinu do šroubovice aktinu a za přítomnosti iontů Mg dochází ke štěpení ATP na ADP¹ a

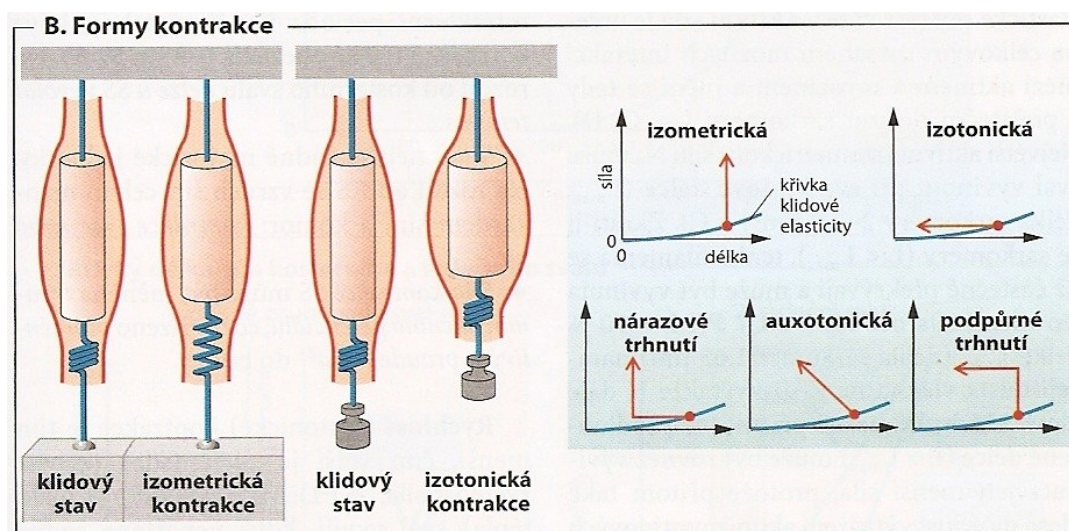
¹ adenosindifosfát, adenosintrifosfát = hlavní přenašeči chemické energie v buňkách [17]

uvolnění velkého množství energie. Tato energie způsobí napětí, které se přenáší na aktinová a myozinová vlákna a dojde ke svalové kontrakci. [2]

Mechanické vlastnosti kosterního svalu

Kontrakce svalu jsou závislé na akčním potenciálu svalu, čímž dochází k uvolnění iontů Ca. Odstupňování síly kosterního svalu je dosaženo rozdílným nábojem motorických jednotek² a změnou frekvence akčních potenciálů. Ve svalu tak dochází ke střídavému dráždění motorických jednotek, každá z nich evokuje svalové trnutí a díky jejich asynchronitě se navenek projevuje jako plynulý pohyb. [2]

Kontrakce svalu může být izometrická, tj. délka svalu zůstává konstantní a mění se síla anebo izotonická při konstantní síle se mění délka svalu, viz Obrázek 1. [2] V praxi se tyto čisté formy nevyskytují, většinou se mění jak síla, tak délka. [1] Mění-li se obě veličiny současně, jedná se o auxotonickou kontrakci. Navazuje-li izometrická kontrakce na izotonickou, jde o nárazové trnutí, při opačném sledu o podpůrné trnutí. [2]



Obrázek 1 Formy svalové kontrakce [2]

Druhy svalových činností

Ve fyziologii práce se často pojmy izometrická a izotonická kontrakce nahrazuje pojmy statická a dynamická práce. Pro dynamickou práci je charakteristické střídání kontrakce a relaxace.

²motorická jednotka = soustava motorického neuronu (neuron aktivující svalovou práci) a svalových vláken, která inervuje [2]

U práce dynamické stoupá prokrvení svalu se stoupající zátěží přibližně až do 75 % maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}), a rovnovážný stav pro kyslík se u netrénovaného jedince udržuje při 35 - 45 % VO_{2max} . U statické práce roste prokrvení do 10 - 15 % maximální svalové síly (F_{max}).

Při statické zátěži, při níž je čerpáno více než 50 % F_{max} je přívod krve do svalu zcela zastaven, to je způsobeno vyšším tlakem ve svalu než je tlak krve v kapilárách. Při statické svalové zátěži převažuje anaerobní získávání energie s následným výrazným zvýšením obsahu kyseliny mléčné ve svalech. [1]

Podle charakteru pohybové činnosti můžeme mluvit o dynamické činnosti silové – trvání kontrakce je delší než relaxace (např. veslování), rychlostní – rychle se střídá kontrakce s relaxací, obratnostní – vyžaduje vysoký stupeň koordinace, vytrvalostní – důraz se klade na dlouhodobou svalovou činnost, cyklické – opakují-li se stejné pohybové stereotypy. Jako práci pozitivní označujeme činnost, při níž se svalová činnost projeví zevně patrnou vykonanou prací (chůze do schodů). Naopak svalová práce negativní je charakterizována brzdou práci působící proti silám působícím ze zevnějšku (chůze ze schodů). Z hlediska čistě fyzikálního není přitom vykonávána žádná práce. [2] Posledním druhem je udržovací statická práce (klidný stoj). Často se spolu vzájemně kombinují dva nebo všechny výše uvedené typy práce. [1]

2.2 Změny v organismu při tělesné práci

Při zvýšení tělesné námahy dochází ke zvýšení nároků na funkci organismu za požadovaných podmínek. Především stoupá náročnost na kyslík, což přímo zatěžuje oběhový a dýchací systém.

2.2.1 Reakce kardiovaskulárního systému na svalovou zátěž

Při maximální práci se zvýší spotřeba kyslíku kosterního svalu až dvacetkrát oproti klidovým hodnotám. Zvýšený požadavek na kyslík je pokrýván zvýšením průtoku krve svalem a zvýšením minutového výdeje z 5 – 6 l.min⁻¹ u až na 20 l.min⁻¹ u netrénovaných jedinců. [2] Srdeční frekvence stoupá na k maximálním hodnotám (SF_{max}), které u mladých zdravých jedinců dosahuje hodnot 180 – 200 tepů za minutu ($SF_{max} = 220 - \text{věk}$). U netrénovaných jedinců se srdeční frekvence zvýší až 2,5krát. [2] Maximální tepový objem je však dosahován při cca 180 tepech za minutu. Při vyšších hodnotách se tepový objem již nezvyšuje, ale naopak klesá v důsledku špatného plnění srdečních komor. [1] Při lehké a

středně těžké práci dosáhne frekvence brzy nové, konstantní hodnoty, zatímco těžká práce musí být brzy přerušena, protože srdce není schopno podávat maximální výkon trvale. [2]

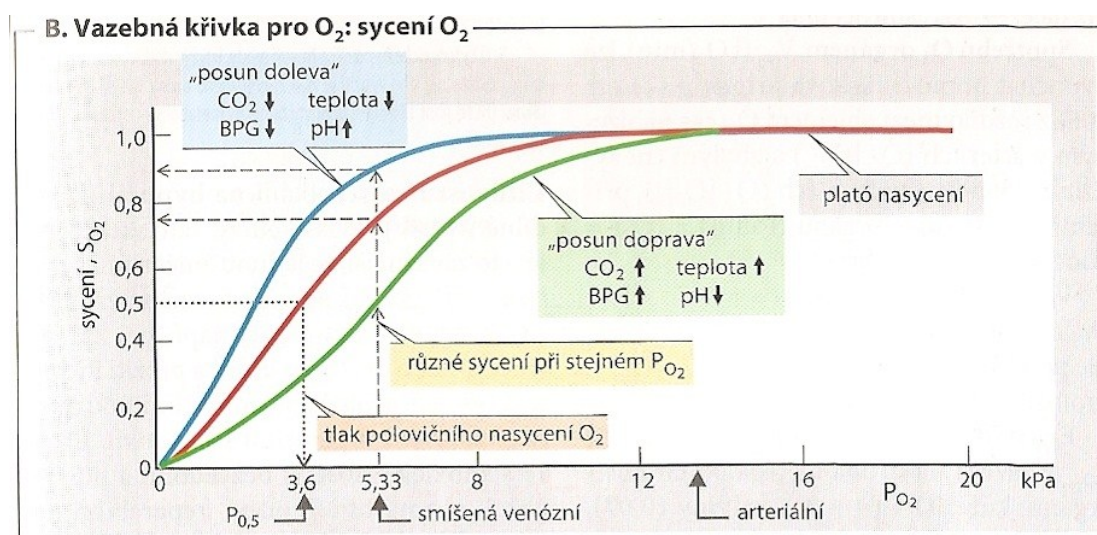
Zvýšený minutový výdej slouží nejen k prokrvení svalstva, ale i kůže (výdej tepla, viz termoregulace) na úkor průtoku ledvinami a trávicím ústrojím, kde klesne pod klidovou úroveň. [2]

I při značné námaze se nemění příliš tzv. střední tlak. [1] Stoupá tlak systolický, diastolický zůstává stejný. Čím méně svalové hmoty je do práce zapojeno, tím vyšší je vzestup. [2] Reakce oběhové soustavy závisí na věku a trénovanosti. Trénované osoby dosahují při stejné hemodynamické odezvě mnohem vyššího výkonu než netréované. [1]

2.2.2 Reakce dýchacího systému na svalovou zátěž

Dýchání v těle člověka zajišťuje přísun kyslíku potřebného pro metabolické reakce. Při svalové zátěži dochází ke zvýšení požadavku na spotřebu kyslíku. Organismus na zvýšení tohoto požadavku reaguje zvýšením minutové ventilace, tj. zrychlené dýchání. Klidové hodnoty minutové ventilace se pohybují asi kolem $7,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, $90 - 120 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ jsou maxima. Na vzestupu minutové ventilace se podílí frekvence dýchání (zvýšení na $40 - 60 \text{ min}^{-1}$) a dechový objem (maximálně 2 l). [2]

Při velké zátěži a tudíž vysokém požadavku na přísun kyslíku stoupá extrakce kyslíku (= výtěžnost) v kapilárách. Dochází ke zvýšení teploty a snížení pH, tak dojde k posunu vazební křivky směrem doprava, viz Obrázek 2. [2]



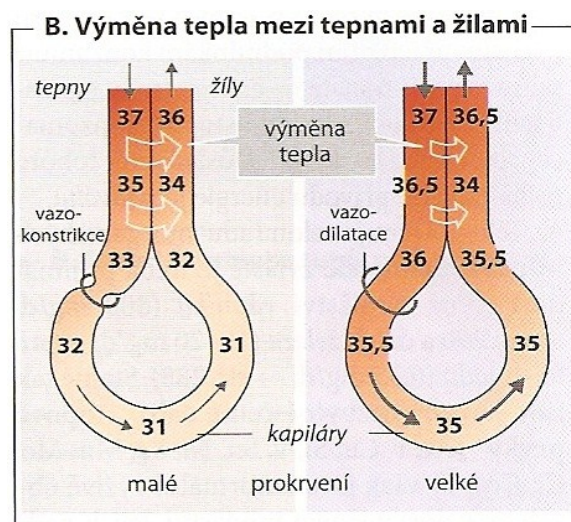
Obrázek 2 Vazebná křivka pro O_2 [2]

2.3 Termoregulace

Velký vliv na organismus má tepelné zatížení, které je důležitým faktorem při posuzování pracovních podmínek hasičů. Hasiči se setkávají s vysokými teplotami u požárů, ale i s teplotami nízkými při technických pracích v zimním období.

Člověk, všeobecně, patří k teplokrevným živočichům, jejichž tělesná teplota se udržuje na konstantní hodnotě nezávisle na teplotě okolního prostředí. Teplota tělesného jádra se pohybuje kolem 37 °C. Končetiny a kůže se chovají částečně studenokrevně, jsou tedy mnohem více náchylné k dysfunkcím vlivem nepříznivých okolních podmínek.

Tepelné hospodaření organismu je závislé na rovnováze příjmu a výdeje tepelné energie. Produkce tepla závisí na energetickém metabolismu, za klidového režimu se na tvorbě tepla podílí vnitřní orgány z 56 % a svalstvo s kůží z 18 %, zbylých 26 % tvoří dýchání, CNS atd. Při zátěži se produkce tepla ze svalů může zvýšit až na 90 %. Teplo vytvořené v těle ohřeje krev a je tak transportováno k tělesnému povrchu. Pokud je potřeba tělo ochlazovat dochází k rozšiřování kapilár (vazodilatace), naopak, pokud je CNS vyhodnoceno, že je třeba uchovávat vytvořené teplo v tělesném jádru, dochází k tzv. vazokonstrikci, viz Obrázek 3. Vnitřní proudění tepla je možné tehdy, jestliže teplota kůže je nižší než teplota jádra. Pro tepelný transport krví je důležité prokrvení kůže.



Obrázek 3 Výměna tepla mezi tepnami a žilami [2]

Výdej tepla je prováděn několika mechanismy, viz Obrázek 4. Tepelným zářením závislým na povrchu kůže a vztahu mezi teplotou kůže a okolí. A vedením tepla z povrchu kůže do okolí. Aby došlo k tomuto jevu, musí být teplota okolního vzduchu nižší než teplota

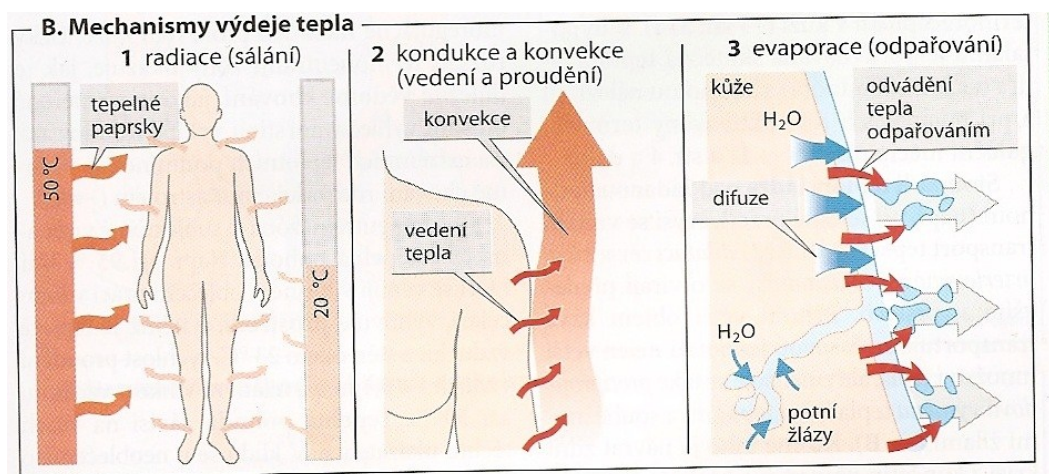
kůže. Tenká vrstvička vzduchu těsně přiléhající na povrch kůže je jí ohřívána, ohřátý vzduch je pak odváděn z dosahu kůže stoupáním teplejšího vzduchu nebo větrem.

Obě výše zmíněné metody nejsou pro dostatečné ochlazení organismu při vysoké zátěži dostatečně účinné, proto je zvyšován odvod tepla odpařováním potu z povrchu kůže. Jeden litr odpařeného potu odejme tělu energii 2428 kJ. V prostředí o teplotách vyšších než 36 °C je účinné ochlazování pouze pocením a jeho následným odpařováním. Při vyšších teplotách teplo z okolí přijímáme, to způsobuje několikanásobné zvýšení odvodu tepla odpařováním. [2]

V chladu dochází k zvýšení tepelné produkce ve svalech (chladový svalový třes) a v játrech – chemická termoregulace. Ta je řízena adrenalinem, noradrenalinem a thyroxinem. Fyzikální termoregulací se rozumí vazokonstrikce kožních kapilár. [1]

Řídícím centrem termoregulace je hypothalamus. Zde jsou lokalizovány centrální termoreceptory, které registrují teplotu tělesného jádra. Ty porovnávají skutečnou teplotu jádra s hodnotou náležitou a při odchylkách jsou aktivovány termoregulační mechanismy.

Stoupá-li teplota jádra nad požadovanou hodnotu, zvýší se vnitřní transport tepla - dilatace cév v kůži a zvýšení transportovaného objemu krve a zvyšuje se sekrece potu. Pot ochlazuje povrch kůže a tím vytváří tepelný spád mezi jádrem a kůží potřebný pro vnitřní transport. [2]



Obrázek 4 Mechanismy výdeje tepla [2]

Jestliže tělesná teplota klesá, omezí se výdej tepla výše popsanými mechanismy a stoupá jeho produkce. To je možné vědomou svalovou činností anebo svalovým třesem.

Teplotní rozmezí kdy lidské tělo ještě nereaguje na snížení nebo zvýšení teploty jádra (třesem nebo pocením) se nazývá termoneutrální zóna. U klidně sedícího a málo

oblečeného člověka je v rozmezí od 27 do 32 °C. Tato termoneutrální zóna je subjektivně vnímána jako tepelná pohoda. Tepelná pohoda však závisí i na dalších vlivech jako je vlhkost nebo proudění. [2] Pásmo dlouhodobě únosné zátěže, je oblast teplot, kdy je tělo schopno udržovat stálou teplotu díky odpařování potu. Teplota se mírně zvýší a poté se ustálí na vyšší hodnotě v závislosti na intenzitě svalové práce. Nestačí-li produkce potu odvést přebytečné teplo v důsledku vyčerpání kapacity potního systému nebo vysoké relativní vlhkosti vzduchu, teplota tělesného jádra prudce stoupá – pásmo krátkodobě únosné zátěže. [1] Pokud tělesné mechanismy nestačí pro regulaci teploty jádra, je nutné zajistit ji vědomým chováním a chránit se proti nadměrnému teplu či chladu.

2.4 Zdravotní důsledky nadměrné svalové zátěže

Nadměrná fyzická zátěž může vyvolat přechodné nebo i trvalé změny organismu. Nedílnou součástí fyzické, ale i psychické zátěže, která působí delší dobu a dosáhne určité intenzity, je únava. Únavu můžeme definovat jako celkový stav organismu následkem tělesného nebo psychického zatížení. Působí ji změny vnitřního prostředí jako je hromadění metabolitů svalové práce nebo čerpání rezerv. Podle charakteru zátěže se změny manifestují jako místní nebo celkové.

Únavu můžeme dělit na fyziologickou a patologickou, akutní a chronickou nebo fyzickou a psychickou. [1]

2.4.1 Fyziologická únava

Projevuje se prokrvením pokožky a výskytem bílých okrsků, pocením, vyšší tepovou frekvencí, zrychleným dýcháním a subjektivním pocitem provádění práce. Při vyšším stupni fyziologické únavy se mohou vyskytnout lehké poruchy neuromuskulární koordinace, především mimického svalstva a drobných svalů ruky, zpomalené vnímání pojmů a podnětů, poruchy prostorového vnímání, bolesti ve svalech, bolesti hlavy a pocit únavy. Známky únavy a pokles výkonnosti vyvolává jak nadbytek stimulů, tak jejich nedostatek. [1]

2.4.2 Patologická únava

Při zátěži, která přesáhne svou kvantitou a kvalitou práh fyziologické snášenlivosti, vzniká při krátkodobém trvání akutní únava. Příčinou může být např. nedostatečná doba zotavení. Akutní patologickou únavu můžeme dále dělit na přetížení (I. stupeň) a schvácení (II. stupeň). Dlouhodobý nepoměr mezi prováděnou činností a pracovní kapacitou organismu nazýváme chronickou patologickou únavou, v praxi se kryje s termínem přetrénování.

Přetížení provází pocit slabosti, bolesti hlavy, nitkovitý tep, zpomalené reakce na podněty střední intenzity, poruchy mluvy, křeč mimického svalstva, třes prstů, bledost pokožky a sliznic, porucha tvorby slin (pocit sucha v ústech), porucha vnímání pojmů a jejich zpracování.

Schvácení se projevuje zsinalostí obličeje, cyanózou sliznic, dušností, nitkovitým až nehmátným tepem, kolapsem, poklesem krevního tlaku, zvracením, změny svalového tonu (křeče, tetanické záškuby, ochablost), poruchami termoregulace, známkami šoku, iracionálním myšlením a dalším.

Příznaky přetrénování lze rozdělit do tří skupin, příznaky výkonnostní, neuropsychické a somatické.

Příznaky výkonnostní zahrnují pokles rychlosti, síly, nejistota při nácviku, poruchou rytmičnosti pohybů, strachem ze závodů, ztrátou zájmu nebo naopak zvýšeným zájmem ve snaze kompenzovat klesající výkon. Neuropsychické příznaky jsou zvýšená podrážděnost, apatie nebo agresivita. Mezi somatické příznaky potom patří nechutenství nebo zvýšená chuť k jídlu, odpor k některým potravinám nebo chuť na ně, změny spánku, zažívací poruchy, permanentní pocit únavy, zvýšená náchylnost k onemocněním, u žen poruchy menstruačního cyklu. [1]

2.5 Práce v nepříznivých podmínkách

Výše popsané mechanismy fyziologie práce člověka platí pro všechny druhy vykonávané práce. Specifikem výkonu povolání hasiče jsou extrémní podmínky, ve kterých hasiči pracují. Typickou činností je hasební zásah a typickými nepříznivými vlivy této činnosti jsou vysoké teploty, značné tepelné záření v okolí požářiště, vysoká vlhkost vzduchu, práce v dýchací technice apod. Mimo to, je to práce fyzicky náročná, hasiči musejí manipulovat s těžkými břemeny a mnohdy s nimi překonávat relativně velké vzdálenosti, kvůli nepřístupnosti terénu.

Organismus je vystaven nepříznivým tepelně vlhkostním podmínkám v závislosti na okolních podmínkách, metabolické produkci organismu a charakteru oděvu. Ochrana před nepříznivými vlivy znamená nejen větší tepelnou pohodu, ale i zvýšení bezpečnosti a výkonnosti práce. Tepelná zátěž výrazně snižuje aktivitu a zvyšuje počet nehod na pracovišti, především u starších jedinců. Je to dáno tím, že adaptace na práci v horku klesá s věkem rychleji než adaptace na fyzickou zátěž.

Zvýšení teploty tělesného jádra o více než 1°C představuje hranici, nad níž je nebezpečí selhání organismu. Při nadměrné tepelné zátěži selhávají mechanismy termoregulace popsány v kapitole 2.3 *Termoregulace*. Vazodilatace kožních cév se mění na vazokonstrikci, delirium, křeče a může nastat smrt v důsledku nevratného poškození mozku.

[1]

2.6 Reakce organismu na práci v horku

Jedním z cílů fyziologie práce je i eliminovat nežádoucí vlivy na organismus v pracovním prostředí. Toho lze dosáhnout v první řadě identifikací nebezpečí, jejich vliv na tělo člověka, stanovení přijatelných limitů nebo vhodných ochranných prvků. [1]

Zvýšená produkce potu

Evaporace neboli množství vody ztracené potem a dýcháním, je považována všeobecně za nejlepší ukazatel pracovní tepelné zátěže. Vztah mezi produkcí potu a pracovní-tepelnou zátěží má lineární závislost až do chvíle, kdy dojde k překročení hranice schopnosti adaptace na tepelnou zátěž.

V první fázi stoupá množství potu v závislosti na stoupající teplotě prostředí jen nepatrně a tvoří asi 25 % z celkové tepelné ztráty. V druhé fázi stoupá množství vyloučeného potu téměř lineárně s teplotou prostředí a v třetí fázi se množství potu prudce zvyšuje a produkce probíhá exponenciálně s teplotou prostředí. [1]

Zvýšená srdeční frekvence

Srdeční frekvence (SF) reaguje rozdílně na pracovní a tepelnou zátěž. Pracovní zátěž zvyšuje SF více než zátěž tepelná. Pokud zátěž nepřekročí adaptační schopnosti organismu, ustálí se SF na vyšší hladině. Pokud již adaptační schopnosti nejsou dostačující, začne SF v závislosti na čase stoupat.

SF reaguje rozdílně na metabolickou a tepelnou zátěž, proto není vhodná jako jediná hodnota pro hodnocení velikosti pracovní zátěže. [1]

Zvýšení teploty tělesného jádra

Pokud je organismus tepelně či pracovní zatěžován, teplota tělesného jádra mírně stoupá a ustálí se na vyšší hladině. Závisí na velikosti metabolické produkce a tepelných podmínkách okolí. Podle platné legislativy, tj. NV č. 361/2007 Sb., se připouští v pracovních podmínkách vzestup teploty tělesného jádra o 0,8 K. Vzestup teploty tělesného jádra nad 39,2 °C je spojen s vysokým rizikem a vzestup na 42 °C téměř nikdo nepřežije. [1]

Změna krevního tlaku

Systolický krevní tlak (TK) stoupá v závislosti na namáhavosti práce, při selhávající termoregulaci klesá. Pokud není expozice včas přerušena, nastává kolaps. TK diastolický klesá až k nulovým hodnotám. [1]

Změna teploty kůže

V oblasti tepelného optima se průměrná teplota kůže pohybuje v rozmezí 31 – 34 °C. U potíciho se jedince nejprve teplota kůže klesá, se stoupající tepelnou zátěží následně opět stoupá. Průměrná teplota kůže 37 °C signalizuje vysokou zátěž a selhávající termoregulaci. Lokální teploty nad 45 °C způsobují nesnesitelné bolesti. [1]

Pro její hodnocení se používá průměrná teplota kůže. Vypočítává se jako vážený průměr z teplot naměřených na jednotlivých bodech na povrchu těla. Přesnost výsledné hodnoty závisí na počtu měřících bodů a způsobu měření. [1]

Všechny výše uvedené projevy je možné experimentálně měřit. To umožňuje hodnotit práci z hlediska zatěžování organismu. Stejně tomu je i v případě této práce, která využívá data získaná z měření fyziologických parametrů hasičů při výcviku z výcvikového zařízení HZS Zbiroh, více v kapitole 6 *Výstupy měření*.

2.7 *Adaptace na práci v horku*

Vlivem opakované expozice horku může tělo zlepšit postupně termoregulační pochody a vytváří se adaptace. Dobrou adaptaci lze očekávat za 3 až 4 týdny vykonávání práce. Adaptace na tepelnou zátěž se vytváří nezávisle na adaptaci na fyzickou námahu. Obézní osoby a osoby nad 50 let se adaptují hůře, jelikož se hůře potí, proto by neměly být nově zařazovány na horká pracoviště. Adaptace se projeví vzestupem produkce potu a poklesem koncentrace minerálních látek v potu, poklesem SF a teploty tělesného jádra. [1]

3 Trénink

Měřitelné projevy nadměrné zátěže, tepelné i fyzické, může každý jedinec zmírňovat pravidelným tréninkem. Tím pak dosáhne větší schopnosti adaptace na extrémní pracovní podmínky.

Děje se tak převážně zvýšením erekční frakce a zvětšením srdečních dutin. Srdeční frekvence se s postupujícím věkem snižuje o jeden tep za rok, současně s tím se snižuje i maximální dosažitelný minutový výdej. [2]

Při pravidelném tělesném zatěžování se postupně zvyšuje objem srdečních dutin, takže stejný počet tepů je schopen zvýšit více minutový objem. Mluví se o tzv. tonogenní dilataci srdce. Pravidelný trénink i v obrovských dávkách představuje jen objemové, nikoliv tlakové zatížení a srdce se adaptuje zvýšením objemu dutin, nikoliv ztluštěním stěn.

Vleže je velikost vypuzeného tepového objemu konstantní. Při zvýšené zátěži až do maxima se nemění. Proto je srdeční frekvence dobrým ukazatelem velikosti minutového objemu. Oproti pozicím vsedě a vstoje se tepový objem výrazně snižuje a teprve při zátěži se zvyšuje na maximální hodnotu. V klidu a při malé zátěži se projevuje vliv centrální a vegetativní nerovnováhy soustavy, proto jsou měření tepových frekvencí bez zátěže (pod 50 % aerobní kapacity) zatížena chybou. Jen vyšší až maximální zátěž proto zajišťuje spolehlivost vyšetření oběhové soustavy pomocí sledování tepové frekvence.

Tréninkem se může zvýšit tolerance organismu na únavu. Při dosažení prahu snášenlivosti reaguje sval křečí. U trénovaného svalu nastupuje únava při pH 7,0 ve svalu, u netrénovaného při pH 7,2. Rozhodující je i doba a charakter zatížení. [2] Hodnota pH se zvyšuje v závislosti na tvorbě kyseliny mléčné ve svalu.

3.1 Měření tělesné výkonnosti

To do jaké míry je konkrétní jedinec schopen odolávat extrémním podmínkám a vysoké pracovní zátěži lze určit měřením tělesné výkonnosti. V praxi se takováto měření používají např. u profesionálních sportovců a jsou pro to určeny standardizované postupy, tzv. ergometrie.

Jsou porovnávány vztahy mezi fyziologickými parametry (příjem O_2 , SF, dechová frekvence a plazmatická koncentrace laktátu) s právě zjištěnou fyzikální výkonností. Testy dělíme podle délky jejich trvání na krátkodobé testy (výkon, kterého je dosaženo anaerobně), střednědobé testy (30 až 180 s), déle trvající aerobní testy – jsou hodnoceny na základě

maximální spotřeby O_2 (VO_2). Při vykonávání těžké práce probíhá aerobní metabolismus paralelně s anaerobním. [2]

Trénink stupňuje a udržuje tělesnou výkonnost. Dělíme jej na motorické učení (především CNS), vytrvalostní trénink (zvyšuje oxidativní kapacitu, minutový objem srdeční a VO_{2max} , zvětšená hmotnost srdce umožňuje vyšší systolický objem a roste i dechový objem) a silový trénink (tj. maximální, ale jen krátkodobé výkony). [2]

Trénink jako takový by měl sestávat ze všech jeho druhů, vhodně nakombinovaných podle požadovaných cílů. Nároky na hasiče jsou velmi vysoké, a proto trénink musí být neodmyslitelnou částí přípravy.

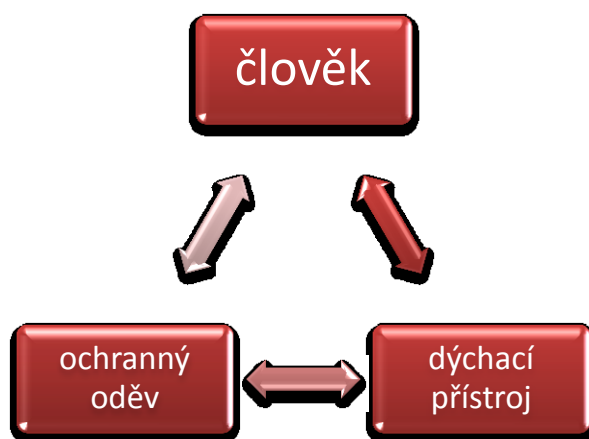
4 Zahraniční studie

Práce hasiče je všeobecně považována za fyzicky náročnou. Existují výzkumy a studie, které to dokazují. Jedná se o práce převážně zahraniční.

Všechny využitě zdroje již před započítáním cvičení a zkoušek předpokládaly vysokou odezvu organismu na simulované podmínky a případné překročení bezpečných hraničních hodnot měřených fyziologických projevů.

Jako charakteristická činnost byl ve všech případech zvolen požární zásah – hašení, kde je typické střídání vysoké zátěže s relativní nečinností. [4] Těchto podmínek se autoři snažili dosáhnout i v laboratorních podmínkách.

Pro bezpečný výkon povolání je důležité, aby všechny součásti pracujícího systému byly plně funkční. Tento systém je podle některých autorů [8], [10] tvořen dýchací technikou, ochranným oděvem (ať už zásahový, protichemický nebo jiný) a člověkem jak zobrazuje Obrázek 5. Některé práce např. [8], [9] nebo [10] konkrétně uvádějí, že právě člověk je nejslabším článkem tohoto systému a je tedy důležité mu věnovat pozornost, zkoumat projevy organismu na tento typ zátěže a stanovit bezpečné hranice tak, aby nebyly ohroženy zasahující či zachraňované osoby ani nebyla ohrožena plynulost zásahu.



Obrázek 5 Pracovní systém [8]

Velké množství zdrojů uvádí informace o chování organismu při zátěži. Největší podíl na rozdílnosti pracovních podmínek při práci hasiče má speciální oděv, který radikálně mění mikroklimatické podmínky v okolí povrchu těla a vnější působení nepříznivých vlivů (sálavé teplo, plameny atd.). Takto nepříznivé podmínky zatěžují organismus a omezují jeho výkonnost.

Již v osmdesátých letech si tohoto povšimli někteří lékaři a pokusili se znalosti fyziologie rozšířit o takto specifickou zátěž. [8], [10], [11], [12], [13] Právě nošením ochranného zásahového oděvu dochází k narušení přirozené tepelné rovnováhy při ochlazování těla (oděv snižuje možnost odpařování potu). Zároveň ale oděv tvoří účinnou bariéru proti sálavému teplu zvnějšku.

Reakci organismu můžeme sledovat na některých měřitelných hodnotách, jako jsou teplota kůže, odpor kůže, množství vyloučeného potu, spotřeba kyslíku, teplota tělesného jádra (měřena většinou rektálně), EKG atd.

Práce prof. Kirsch se zabývala zjišťováním právě takových hraničních hodnot pro osoby pracující v ochranných oblecích, a jako zástupce takového pracovníka byl právě hasič v dýchací technice a protichemickém oděvu. Požadavky na výkonnost takových osob byla zjišťována při pokusných měření, kdy zkoušená osoba (s DP i ochranným oblekem nebo jen ve sportovním oděvu bez DP) byla sledována při chůzi na běžeckém trenažéru a šplhu po nekonečném žebříku. [8] Obdobným výzkumem se zabýval i prof. Rutenfranz. [10]

Z výsledků lze vyvodit, že ihned po začátku měření došlo ke zvýšení SF až k 160 min^{-1} a dále plynule stoupal až na 205 min^{-1} (při 15-ti minutové zátěži). Teplota jádra, měřena rektálně, vystoupala až na $38,8^\circ\text{C}$. [10]

Zahřátí organismu má velmi negativní vliv na krevní oběhový systém. Nejdříve se ohřátá krev dostane do okrajových částí těla, aby se ochladila a termoregulační systém tak zamezil přehřátí jádra. Z důvodu omezení konvekčního i radiačního odvodu tepla z povrchu těla (kvůli oděvu) dochází k selhání přirozených termoregulačních procesů. Zdroj uvádí, že k tomuto jevu dochází, pokud teplota kůže dosáhne hodnoty 38°C . Krátkodobě jsou takové hodnoty tolerovatelné, ale zvyšují pravděpodobnost selhání organismu při dlouhodobější zátěži. [10] Výkonnost hasiče ovlivňuje i zátěž způsobená výstrojí a výzbrojí. Zajímavým poznatkem je zjištění, že poměr hmotnosti hasiče ku hmotnosti jeho výbroje a výstroje je přímo úměrná jeho výkonu. Z toho vyplývá, že fyzicky velmi zdatný muž o nižší hmotnosti nedosáhne stejného výkonu jako průměrně trénovaný s vyšší hmotností, pokud jsou zatíženi stejnou hmotností výstroje/výbroje. Poměr mezi hmotností osoby a zátěže by v ideálním případě neměl překročit 30 %, maximálně však 35 %. [8], [10] Bereme-li v úvahu průměrnou hmotnost výstroje a výbroje hasiče 25 kg, není vhodné dosazovat na podobné pozice osoby s hmotností pod 71 kg.

Je zde zdůrazněno, že fyzické testy, předcházející přijetí do služebního poměru, nejsou prováděny se zátěží a jejich výpovědní hodnota může být velice zkreslená. [8]

Jako bezpečné hodnoty SF uvádí práce do 150 min^{-1} (tzv. submaximální zatížení), maximum pak 200 min^{-1} , které označuje za kritickou hodnotu. [8]

Práce pánů Kiparsky a Marschall [11] se výše zmíněnou problematikou zabývala z trochu jiného úhlu. Když většina prací v laboratořích simuluje podmínky požárního zásahu, tito pánové zvolili opačný způsob výzkumu a to, že osadí vybrané hasiče záznamovou technikou a budou sledovat jejich fyziologické parametry v průběhu celé služby, ne jen náročné zásahy.

Ze záznamů srdeční frekvence je zřetelně vidět jak organismus zatěžuje např. takový noční zásah. Hasiče v noci vzbudí alarm a ten musí být velice rychle připraven k efektivnímu zásahu, u popsaného hasiče došlo ke zvýšení SF o 88 min^{-1} během jedné minuty. Takové momenty lze také označovat za rizikové. Při vlastních zásazích již nedocházelo k neobvyklým zvýšením žádné ze sledovaných hodnot. [11]

Práce také zmiňuje často diskutovanou maximální věkovou hranici zásahových hasičů, když vykonávají náročnou práci s vysokou zátěží. Maximální věk byl stanoven na 60 let s individuálním přístupem ke kondici a zdravotnímu stavu. [11]

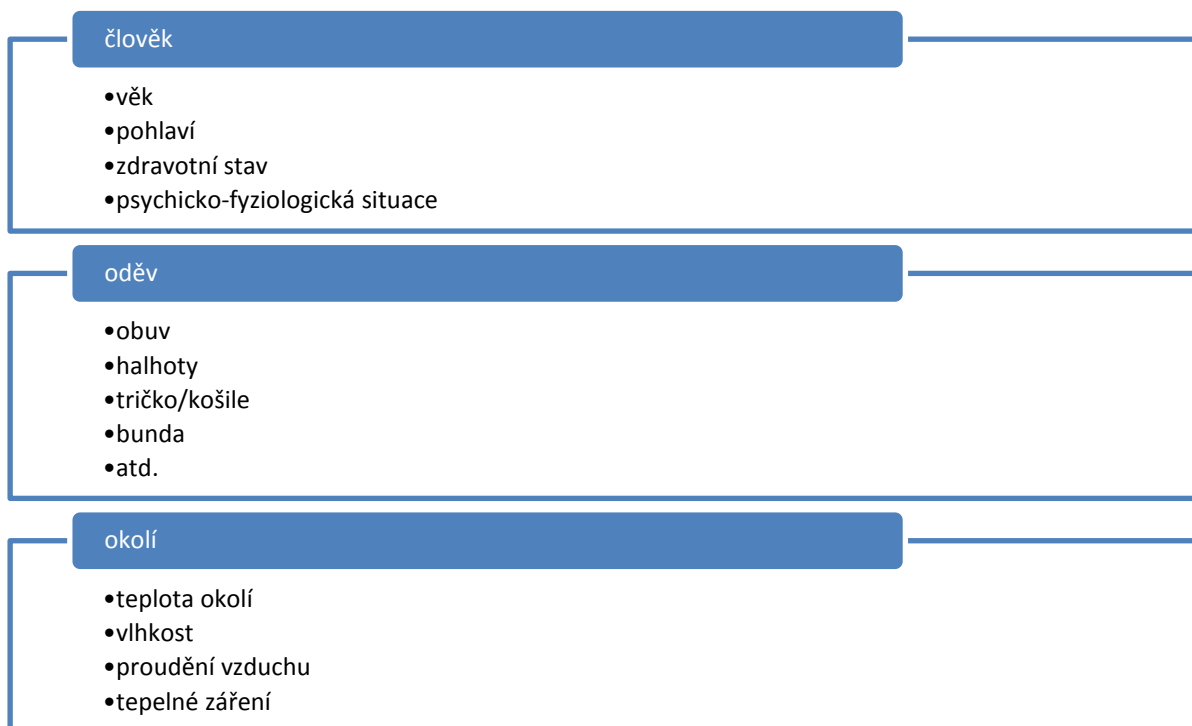
Novější výzkumy (po roce 2000) však ukazují, že zatížení kardiovaskulárního systému při požárním zásahu není až natolik náročné jak se dříve předpokládalo. Píše o tom S. Wagner a kolektiv v práci Vyšetřování kardiovaskulárního zatížení profesionálních hasičů. [12] Práce byla zaměřena na reakci organismu na zátěž chůze/během na pohyblivém pásu. Maximální bezpečná hodnota SF byla spočtena jako 200 mínus věk cvičence. U hodnocených cvičenců ve většině případů docházelo rychlému nárůstu SF na začátku cvičení a poté se frekvence ustálila těsně pod hranicí maximální hodnoty, což naznačuje náročnost vykonávané činnosti, ne však jakékoliv zdravotní ohrožení.

To, zda hasič je schopen správně a účinně plnit své úkoly závisí na mnoha faktorech. Přehled těch nejzákladnějších popisuje Obrázek 6.

V práci René Rossiho [15] jsou uvedeny následující naměřené hodnoty teploty kůže v rozmezí $36 - 39^\circ\text{C}$. Také se zabýval vlhkostí v různých typech obleků, ta se pohybovala od 50-75%. Teploty byly měřeny zároveň jak na kůži pod spodním prádlem tak z vnitřní strany zásahového oděvu, vždy na levém rameni. Z počátku tepelného zatížení radiací rostla teplota na vnitřní straně oděvu pomalu a rovnoměrně, po asi 3 minutách se prudce zvýšila. Oproti tomu teplota kůže se zvyšovala pomalu a rovnoměrně až do ukončení zkoušky. V konečném výsledku teploty mezi ochranným oděvem a spodním prádlem byly vyšší než teploty kůže. Teploty tělesného jádra (měřeny rektálně) se pohybovaly v rozmezí od $38,0$ do $38,3^\circ\text{C}$. [15]

Teploty tělesného jádra měřené rektálně jsou obecně vyšší než teploty měřené na jiných částech těla.

Asi nejrozsáhlejší studií z posledních let zabývající se fyziologií hasičů je tzv. STATT-Studie z německého Mannheimu provedená v roce 2002. Popisuje simulovaný zásah při požáru, při kterém se podrobně sledují fyziologické změny zasahujících hasičů v důsledku zatížení organismu teplem a výzbrojí a výstrojí.



Obrázek 6 Faktory výkonnosti [12]

Protože v Německu je plošné pokrytí řešeno převážně dobrovolnými jednotkami, i pro účely této studie bylo vybráno 50 příslušníků dobrovolných jednotek ve věku od 18 do 41 let. Před samotným simulovaným zásahem prošli cvičenci podrobným lékařským vyšetřením.

Cvičení se skládalo z několika ohnisek požárů ve výcvikovém zařízení vybaveném jako šesti pokojový byt, který se rozkládal na dvou nadzemních podlažích. Cvičencům byly bezprostředně po ukončení zásahu měřeny tyto hodnoty: SF, krevní tlak, teplota (v uchu), váha a byla odebrána krev na vyšetření krevního obrazu. [16]

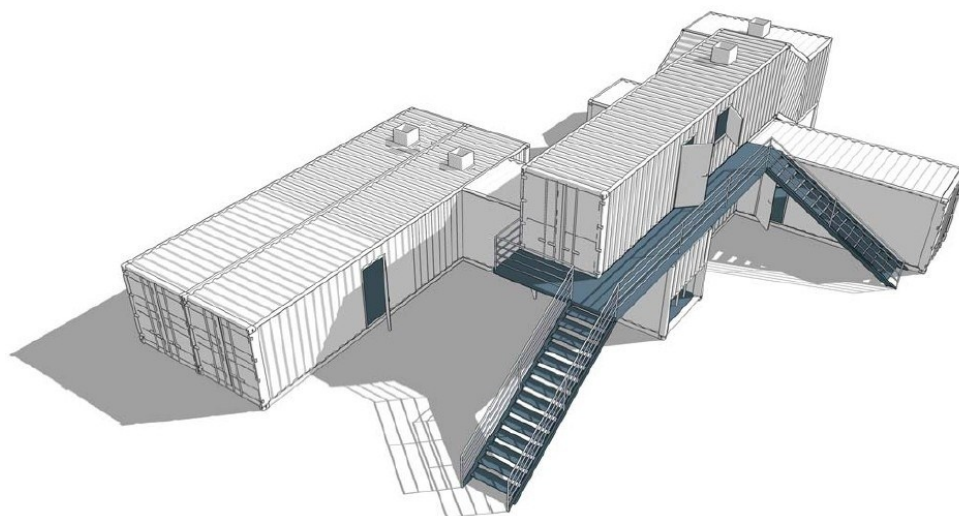
Na potu cvičenci v průměru přišli o 0,5 kg váhy. Maximální tepová frekvence (220 – věk) byla překročena ve 22 % případů v průměru o 11 úderů za minutu. U starších a zkušenějších osob došlo po ukončení cvičení k výrazně rychlejšímu poklesu SF na původní

hodnoty. Teploty tělesného jádra, měřené na ušním bubínku, se pohybovaly průměrně v rozmezí 37,9 °C až 38,1 °C. Rozbory krve z periferních žil prokázaly zvýšení pH a relativního tlaku kyslíku a snížení relativního tlaku oxidu uhličitého. Klasický krevní obraz ukázal nárůst obsahu laktátu v krvi, snížení obsahu bikarbonátu, došlo i k mírným výkyvům obsahu iontů sodíku, draslíku nebo vápníku. Téměř k maximálním hodnotám se zvýšil obsah glukózy. Další ze sledovaných hodnot byly např. karboxyhemoglobin, hematokrit, leukocyty, trombocyty nebo erytrocyty. [16]

Ze studie vyplývá, že reakce organismu na zátěž při hasebním zásahu je závislá na věku a zkušenostech každého jedince. Spojení fyzicky náročné práce s prací v dýchací technice má na výkonnost omezující efekt. Toto omezení může dosahovat až 25 % maximální výkonnosti člověka. Dále je konstatováno, že ač je práce hasiče náročná, není přetěžující, ale hasiči samotní nedokážou objektivně vyhodnotit vlastní zdravotní stav, a tím mohou ohrozit sebe nebo kolegy.

5 Experimentální měření

Pro srovnání tabulkových hodnot a výsledků obdobných zkoušek fyziologických parametrů zasahujících hasičů ze zahraničí, bylo provedeno experimentální měření fyzikálních veličin charakterizujících prostředí a fyziologických parametrů hasiče při simulaci požáru v uzavřeném prostoru v podmínkách výcvikového střediska Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen HZS ČR) ve Zbirohu ve dnech 7. – 10. listopadu 2011. V prvních dnech probíhaly přípravy a pokusná měření, dne 10. listopadu pak proběhlo samotné cvičení „naostro“.



Obrázek 7 Výcvikový trenažér Zbiroh [22]

5.1 Popis měření

V rámci souboru experimentálních zkoušek, zjišťování fyzikálních veličin pro popis změn teplotního pole ve výcvikovém zařízení, byly měřeny některé z fyziologických parametrů cvičenců a lektorů a zaznamenávány jejich subjektivní pocity v průběhu výcviku. Kompletní informace o souboru experimentálních zkoušek při simulovaném požáru jsou popsány v diplomové práci Bc. Jana Žižky, VŠB TUO, FBI, 2012.

Výcvikovým zařízením se rozumí dva standardní ISO kontejnery o vnitřních rozměrech 9,752 x 12,192 x 2,280 m (šířka/délka/výška) bez vnitřní stěny. Podél jedné z kratších stěn (uzavřená, přední část) jsou pevně instalovány trysky hlavního hořáku, celkem 41 ks, o jmenovitém výkonu 6 MW. Na stropě přední části jsou umístěny závěsy pro upevnění pevných paliv a uprostřed delších stran jsou umístěny dveře pro vstup cvičenců. [22]

Pro účely zkoušek byly, po konzultaci s lektory vedoucí výcvik, stanoveny počty cvičenců a postupy při simulovaném výcviku. Zkoušek se zúčastnilo celkem 11 příslušníků HZS Plzeňského kraje, z toho vždy dvě družstva (A, B) po 4 osobách a 3 náhradníci. Každé družstvo je složeno z hasičů 1 až 3 a lektora. Stejně jsou označovány i pozice v prostoru výcvikového zařízení, na nichž se jednotliví hasiči v průběhu zkoušek systematicky střídali.

Každý z hasičů byl vybaven osobní monitorovací jednotkou Soldier Inspect a jeden příslušník v každém družstvu (počáteční pozice 3) byl vytipován pro měření teplot na povrchu těla a z vnitřní strany zásahového oděvu. Těmto hasičům byla měřena také teplota tělesného jádra lékařským infračerveným teploměrem, vždy před vstupem do kontejneru a po jeho opuštění po ukončení jednoho cyklu. Tito hasiči byli také vždy po ukončení jednoho cyklu fotografováni fotoaparátem s termovizí pro vyhodnocení teplotních polí z vnějšku zásahového oděvu.

Termočlánky měřící teplotu kůže byly připevněny na místa vytipovaná z popáleninových map, tj. krk, hrudník, záda, pravé stehno (přední strana) a pravé lýtko. Na oděvu byly termočlánky umístěny v prostoru levého ramene a pravého stehna, protože se jedná o nejvíce exponovaná místa při činnosti hašení.

Za standardní polohu hasiče na pozici č. 1 je při tomto výcviku považován klek na jednom kolenu, kdy po pravé straně těla je vedeno hadicové vedení a hasič oběma rukama drží proudnici, tzn. je mírně předkloněn a otočen levým ramenem směrem dopředu. Na pozici lektora hasič klečí nebo sedí čelem k hasiči na pozici H1, levým ramenem směrem k hořákům. Na pozici H2 je hasič částečně krytý vůči tepelné radiaci hasičem H1 a pozice H3 je v dostatečném odstupu od hořáků, aby tepelný účinek na hasiče byl minimální, jak je znázorněno na Obrázek 8.

Samotná měření byla rozdělena do dvou identických částí. První proběhla v dopoledních hodinách, druhá odpoledne dne 10.11.2011. Zkouška byla prováděna pro 3 různé výkony hořáků, a to 30, 60 a 90 % maximálního výkonu a skládala se z předem daného systému střídání družstev (A, B) a výměny hasičů na jednotlivých pozicích, viz Obrázek 9.

Při každém výkonu výcvikového zařízení (30, 60, 90 %) obě družstva prošla jedním cyklem. Cyklus zahrnoval výměnu pozic hasičů dvakrát dokola. Sled cyklů a přestávek s časovými údaji popisuje Tabulka 1. Podrobný rozpis činností v rámci cyklu uvádí Příloha A.

Pro potřeby této práce jsou hodnotné především údaje získané z termočlánků umístěných na kůži a vnitřní straně zásahových oděvů. Získané teploty jsou ukazatelem vnitřního prostředí v zásahovém oděvu při požárním útoku v uzavřených prostorách. Teploty

získané z povrchu těla reprezentují reakci organismu na okolní podmínky a schopnost se ochlazovat. Tyto hodnoty a množství vyloučeného potu mohou být považovány za reprezentativní fyziologické parametry pro hodnocení odezvy organismu na výkon hasiče při zásahu u požáru.

Tabulka 1 Zkušební sestava cyklů

Pořadí	výkon	činnost	čas
1	30%	družstvo A, cyklus	5' 30"
2		pauza	5'
3	30%	družstvo B, cyklus	5' 30"
4		pauza	10'
5	60%	družstvo A, cyklus	5' 30"
6		pauza	5'
7	60%	družstvo B, cyklus	5' 30"
8		pauza	10'
9	90%	družstvo A, cyklus	5' 30"
10		pauza	5'
11	90%	družstvo B, cyklus	5' 30"
		celkem	68 min

5.2 Průběh měření

Každý ze zúčastněných hasičů byl před vlastním provedením zkoušek zvážen ve spodním prádle. Dále do evidence byly uváděny hodnoty věku, výšky a trénovanosti. Trénovanost odhadovali sami hasiči na škále od 1 do 5, kde 1 je nejlepší a 5 nejhorší. Protože profesionální hasiči by měli mít nadprůměrnou trénovanost, předem byly hodnoty 4 a 5 vyloučeny. Získaná data uvádí Tabulka 4 *Hodnoty hasičů*.

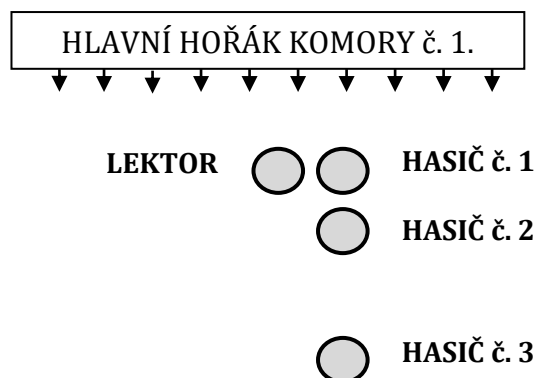
Vzhledem k tomu, že se cvičení zúčastnili pouze hasiči z povolání, předpokládá se jejich dobrý zdravotní stav a vysoká trénovanost. Všichni příslušníci jsou povinni pravidelně podstupovat fyzické testy pro kontrolu jejich fyzické zdatnosti (dle zákona č. 361/2003 Sb., o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů). Na všechny zúčastněné osoby působily stejné vnější vlivy, jako jsou teplota a vlhkost vzduchu nebo tepelné podmínky uvnitř výcvikového zařízení, proto i vliv tepelného pole v průběhu zkoušek se dá považovat, na každého z nich, za srovnatelný.

Pro možnost kontrolovaného doplňování tekutin v průběhu zkoušek, každý z hasičů měl lahev s vodou o objemu 1,5 l. V případě, že toto množství nebyl hasič schopen vypít, zbylý objem byl změřen a zohledněn při vyhodnocování. Zaznamenávána byla i množství vyloučené moči. Ta byla jímána do předem určené nádoby a měřen její objem pro každého hasiče.

Po skončení byli hasiči opět zváženi, zaznamenány hodnoty vypil/vyloučil a zpracovány. Rozdílem vah před a po zkoušce, bereme-li v úvahu množství vypité vody či vyloučené moči, reprezentuje množství potu, které daný hasič vypotil.

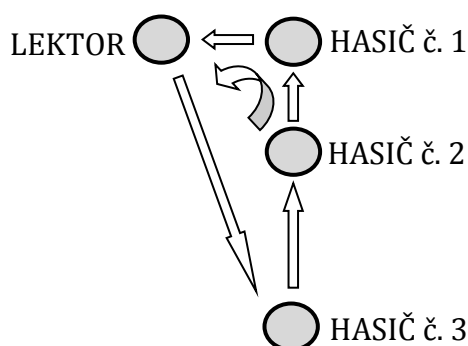
Reálné časy, kdy probíhaly jednotlivé části výcviku, jsou uvedeny v Tabulka 2 a Tabulka 3. Podle těchto údajů pak jsou dále analyzována data získaná z dalších zdrojů.

POZICE HASIČŮ PŘI ZKOUŠCE



Obrázek 8 Pozice hasičů [22]

POSUN ZASAHOJÍCÍCH HASIČŮ



Obrázek 9 Posun hasičů [22]

Tabulka 2 Časy - Dopolodní měření

Základní informace o experimentu:		10.11.2011	1. část
Zátěžové zkoušky o různých výkonech	tým	začátek	konec
1. zkouška (30 % maximálního výkonu)	A	11:24:47	11:37:32
	B	11:43:47	11:54:47
2. zkouška (60 % maximálního výkonu)	A	12:05:29	12:21:41
	B	12:27:28	12:38:49
3. zkouška (90 % maximálního výkonu)	A	12:51:10	13:06:34
	B	13:12:51	13:25:15

Tabulka 3 Časy - Odpolední měření

Základní informace o experimentu:		10.11.2011	2. část
Zátěžové zkoušky o různých výkonech	tým	začátek	konec
1. zkouška (30 % maximálního výkonu)	A	15:51:06	16:08:39
	B	16:15:30	16:30:03
2. zkouška (60 % maximálního výkonu)	A	16:45:43	17:06:34
	B	17:12:30	17:29:57
3. zkouška (90 % maximálního výkonu)	A	18:24:03	18:44:54
	B	18:52:13	19:09:52

Tabulka 4 Hodnoty hasičů

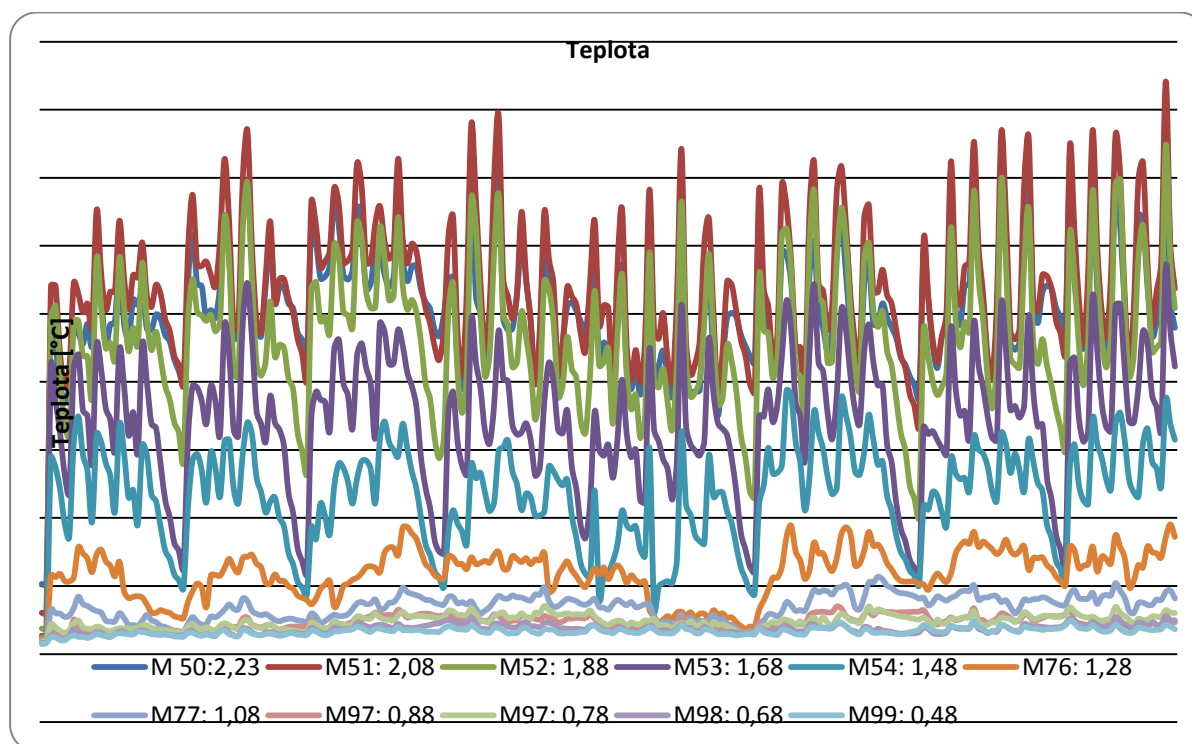
družstvo	pozice	věk [roky]	výška [cm]	váha [kg]		BMI	trénova- nost	vyloučil [l]	vypil [l]	diference váhy [kg]	vypotil [l]
A	1	29	188	77,0	77,9	21,9	2	0	1,500	0,9	0,6
		29	165	72,0	72,6	26,6	2	0	1,500	-0,6	2,1
	2	38	180	88,0	88,6	27,3	2	0	1,500	-0,6	2,1
		29	188	77,0	77,9	21,9	2	0	1,500	-0,9	2,4
	3	39	182	95,6	97,1	29,1	2	0	1,500	-1,5	3,0
				97,4	96,5	29,3		0	1,500	0,9	0,6
	L	41	179	83,3	82,9	25,9	2	0	1,500	0,4	1,1
B	1			83,3	82,8	25,9		0	1,350	0,5	0,9
		30	181	87,3	88,3	26,8	1	0	1,500	-1,0	2,5
	2	29	182	77,9	78,3	23,6	1	0	1,500	-0,4	1,9
		36	174	75,4	76,8	25,1	2	0,002032	1,500	-1,4	2,9
	3			77,0	76,6	25,4		0,003877	1,500	0,4	1,1
		34	179	96,6	95,9	30,0	1	0	1,500	0,7	0,8
	L	38	180	88,0	88,6	27,3	2	0,002032	1,500	-0,6	2,1
		29	182	79,1	79,6	24,0	1	0,002178	1,500	-0,5	2,0
				79,7	79,6	24,0		0,004205	1,400	0,1	1,3

odpolední zkouška
 dopolední zkouška

množství vyloučené moči	
pozice	[ml]
A3	310
	180
	495
B2	115
	350
	380
B3	385
BL	480
	325
	300

5.2.1 Tepelné podmínky

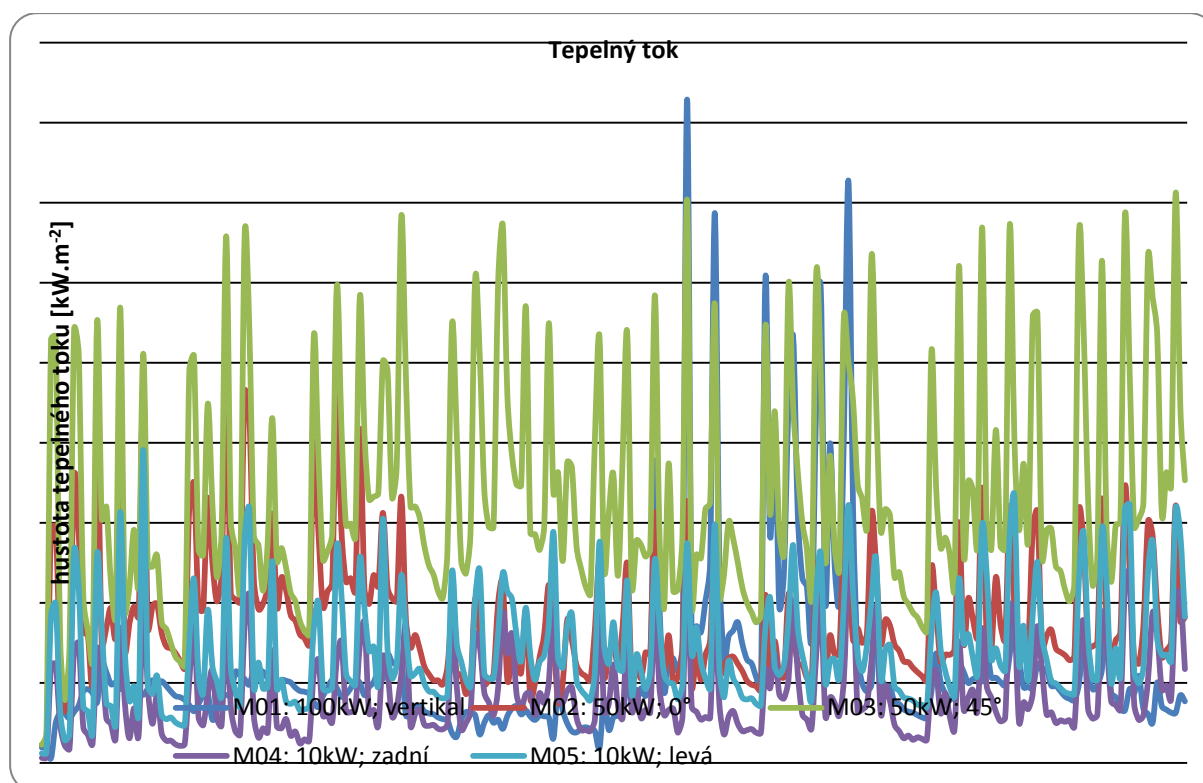
Prostředí uvnitř zkušebního zařízení bylo monitorováno soustavou termočlánků a radiometrů. Pro účely této práce jsou uvedeny hodnoty teplot a tepelného toku z měřidel v těsné blízkosti zasahujících hasiče na pozici Lektor pro ilustraci prostředí, ve kterém se pohybují. Uvedené hodnoty (Graf 1 a Graf 2) byly naměřeny při nejvyšším využitém výkonu (90 %).



Graf 1 Teplota při výkonu zařízení 90 %

Legenda grafu teplot uvádí označení termočlánku a výšku v metrech od země, ve které byl umístěn. Obdobně je tomu i u radiometrů, kde je uvedeno označení a typ radiometru a pozice, ve které byl umístěn.

Vnější klimatické podmínky byly zaznamenávány v průběhu celého cvičení přenosnou meteorologickou stanicí. Teploty se pohybovaly v rozmezí od 4,2 °C do 8,1 °C. Průměrná relativní vlhkost byla 88,1 %.



Graf 2 Hustota tepelného toku při výkonu zařízení 90 %

5.2.2 Sledování zdravotního stavu zasahujících hasičů

Pro sledování zdravotního stavu zasahujících hasičů byl použit dohledový systém Soldier Inspect. Toto zařízení bylo původně vyvinuto pro účely sledování zdravotního stavu vojáků při náročných vojenských operacích. Systém slouží k získávání fyziologických parametrů z vojáka pro zvýšení jeho bezpečnosti. Získaná data jsou přenášena k veliteli jednotky, kde jsou velmi přehledně zobrazena. Na základě těchto dat může být optimalizován následný postup operace s ohledem na stav jednotlivých členů týmů. [18]

Jako souhrnná veličina popisující stav vojáka je použita tzv. míra zátěže. Tato veličina vznikne agregací dílčích parametrů získaných tímto zařízením z vojáka. Mezi dílčí parametry patří EKG³, aktivita, poloha, HRV analýza⁴, EKG stress index, teplota a další. [18] Aktivita je měřena podle pohybu hrudního pásu a snímací jednotky ve všech třech osách prostoru (x, y, z) současně. Tyto údaje sama jednotka vyhodnocuje a udává celkovou aktivitu pásu, snímací jednotky a celkovou aktivitu (hrudní pás + snímací jednotka).

Výsledná míra zátěže je přehledně zobrazována formou třístavového výstupu (Obrázek 11), kde zelená barva znamená „v pořádku“, oranžová „hodnoty zvýšené

³ EKG = echokardiogram, zařízení pro měření elektrické aktivity srdečního svalu [19]

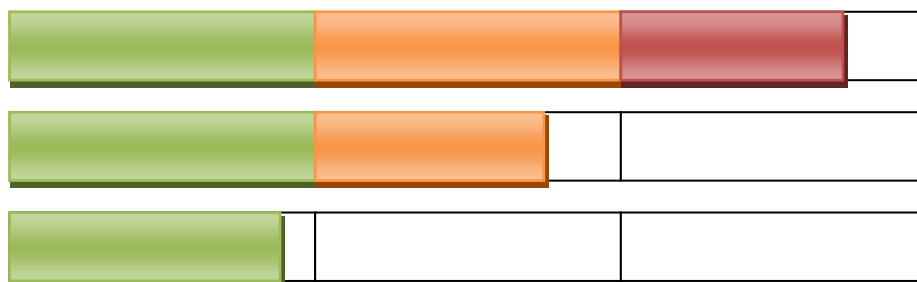
⁴ HRV analýza = analýza autonomního nervového systému, měří variabilitu srdeční frekvence [20]

v dovoleném rozsahu“ a červená „hodnoty přesahují dovolené limity“. [18] Měřená data je také možné stáhnout do programu Microsoft Excel a dále s nimi pracovat.



Obrázek 10 Soldier Inspect [18]

Snímací jednotka také vypočítává zátěž jedince podle naměřené tepové frekvence, dále pak filtrovanou tepovou frekvenci, aktuální nebo integrální zátěž a další technické parametry. Samozřejmostí je záznam času. Měření a výpočty všech hodnot probíhají v intervalu 1 s. [23]



Obrázek 11 Třístavový výstup – míra zátěže

5.3 Použitá měřicí zařízení

Následující zařízení byla použita při experimentálním měření:

- Měřicí ústředna ALMEMO 5690 – 2M
- Dataloger Almemo 2890 – 4S
- Datalogger ALMEMO 2590 – 4S
- Detektor tepelného toku Hukseflux SBG01
- Snímací zařízení pro měření teploty
- Osobní bezpečnostní dohledový systém Soldier Inspect
- Meteorologická stanice VantagePro2+
- Časový normál DCF77
- Videokamera SONY DCR HDR – SR 12E
- Digitální fotoaparát CANON 5D MII
- IR termální kamera ISG 1000
- Radiometrická termální kamera FLIR T640
- IR termální kamera TP8
- Osobní bezkontaktní teploměr
- Osobní váha
- Odměrný válec 1 l

6 Výstupy měření

Celkově se cvičení zúčastnilo 9 mužů a jedna žena (29 let), průměrný věk cvičenců byl 34,4 roku. Průměrná výška cvičenců je 179,8 cm a váha 83,6 kg.

Veškeré zjištěné hodnoty zaznamenané v průběhu výše popsaného souboru experimentálních zkoušek uvádí následující kapitola.

6.1 Množství potu

Tabulka 4 udává základní antropometrické údaje hasičů, tj. věk, výška, váha (před a po měření), BMI⁵ a množství vypitých a vyloučených tekutin mezi vážením. Ze zjištěných hodnot byly pak spočteny difference váhy (váha *před* mínus váha *po* [kg]) a od ní bylo odečtené množství vypité vody a vyloučené moči v [l]. Číslo udávající množství vyloučeného potu je absolutní hodnotou vypočteného rozdílu hmotností s korekcí vypité vody a vyloučené moči.

Tabulka 5 Intenzita pocení

družstvo	pozice	věk [roky]	výška [cm]	váha [kg]	povrch [m ²]	pot [g]	Intenzita pocení [g.hod ⁻¹ .m ⁻²]
A	1	29	188	77,45	2,03	600,0	147,62
		29	165	72,3	1,80	2100,0	584,81
	2	38	180	88,3	2,08	2100,0	504,33
		29	188	77,45	2,03	2400,0	590,50
	3	39	182	96,35	2,18	3000,0	688,71
		39	182	96,95	2,18	600,0	137,38
	L	41	179	83,1	2,02	1100,0	272,17
		41	179	83,05	2,02	850,0	210,37
B	1	30	181	87,8	2,09	2500,0	363,29
		29	182	78,1	1,99	1900,0	289,03
	2	36	174	76,1	1,91	2902,0	461,14
		36	174	76,8	1,91	1103,9	174,73
	3	34	179	96,25	2,15	800,0	112,71
		38	180	88,3	2,08	2102,0	305,95
	L	29	182	79,35	2,01	2002,2	302,53
		29	182	79,65	2,01	1304,2	196,75

Legenda:

	Dopolední měření
	Odpolední měření

⁵ BMI = Body Mass Index (hmotnost [kg]/výška² [m])

Pro vyhodnocení množství vyloučeného potu se používá přepočít na jednotku plochy. Tabulka 5 *Intenzita pocení* uvádí výpočet povrchu těla pro každého z cvičenců podle rovnice DuBois a přepočít ztráty hmotnosti na gramy potu za hodinu na 1 m² povrchu těla. Doba cvičení byla vypočtena z Tabulky 2 a Tabulka 3, pro dopolední měření 2 hodiny, pro odpolední 3,3 hod.

Rovnice pro výpočet povrchu těla podle DuBois [21]:

$$S_t = (hmotnost^{0,425} \cdot výška^{0,725}) \cdot 0,007184$$

Energetický výdej je hodnocen podle prováděné činnosti. Tabulkové hodnoty [1] uvádějí stálou práci rukou a paží jako střední energetický výdej (cca. 165 W.m⁻²). Ačkoliv práce každého jedince v průběhu cvičení nebyla stálá, je nutné zohlednit zátěž výstroje a výzbroje a zátěž tepelně radiační. V těchto souvislostech budou použity hodnoty pro tepelný výdej do 200 W.m⁻².

Tabulka 6 Maximální směnová průměrná Intenzita pocení [1]

Aklimatizované osoby	
Maximální směnová průměrná Intenzita pocení SR_{max}	
[g.hod ⁻¹ .m ⁻²]	[W.m ⁻²]
147	100
270	184

Z Tabulek vyplývá, že hraniční hodnota 270 g.hod⁻¹.m⁻² byla překročena ve velkém množství případů jak u dopoledního cvičení tak i u odpoledního nezávisle na stupni trénovanosti, pohlaví, dopoledního/odpoledního cvičení nebo druhu ochranného oděvu.

Maximální hodnoty 688 g.hod⁻¹.m⁻² (A3) dosáhl muž s dlouholetou zkušeností z výkonu povolání hasiče při dopoledním cvičení, odpoledne oproti tomu dosáhl zároveň minima 137 g.hod⁻¹.m⁻². Z toho lze usuzovat vysokou schopnost adaptability na velkou zátěž.

6.2 Srdeční frekvence

Další z nejdůležitějších zaznamenávaných hodnot je srdeční frekvence (SF). Tato hodnota byla zaznamenávána pomocí zařízení Soldier Inspect u každého z cvičenců. Srdeční frekvence všech osob v průběhu jednotlivých cvičení jsou zobrazeny v Příloze D.

Některé vybrané hodnoty jako je průměrná SF nebo maximální dosažená hodnota, ale i maximální SF tabulková jsou uvedeny v Tabulka 7 *Srdeční frekvence*. Jak vyplývá ze

zaznamenaných údajů, v některých případech došlo k zaznamenání velice vysoké hodnoty SF (až 350 min^{-1}), což je hodnota nereálná. Takto nereálná čísla jsou v tabulce označena šedě, jsou chápány jako chybné měření a nebudou dále brány v úvahu. Pole tabulky označena písmenem „N“ nejsou z technických důvodů k dispozici.

Tabulka 7 Srdeční frekvence

družstvo	pozice	věk	Sf_{klid}	$SF_{\text{max tab.}}$	$SF_{\text{prům}}$	$SF_{\text{max dos.}}$
		[roky]	$[\text{min}^{-1}]$	$[\text{min}^{-1}]$	$[\text{min}^{-1}]$	$[\text{min}^{-1}]$
A	1	29	65	191	115	240
		29	65	191	142	350
	2	38	65	182	115	169
		29	65	191	86	159
	3	39	65	181	125	343
		39	65	181	118	337
	L	41	65	179	124	187
		41	65	179	107	341
B	1	30	60	190	121	174
		29	60	191	98	181
	2	36	65	184	125	178
		36	65	184	106	341
	3	34	60	186	N	N
		38	65	182	N	N
	L	29	60	191	114	180
		29	60	191	107	175

Legenda:

	Dopolední měření
	Odpolední měření

Tabulková maximální srdeční frekvence je vypočtena dle následujícího vztahu:

$$SF_{\text{MAX}} = 220 - vek \quad [2]$$

Po srovnání maximálních tabulkových a dosažených frekvencí, zjistíme, že dosažené hodnoty atakují povolenou hranici a v některých případech ji dokonce mírně překračují. Takové hodnoty dokazují vysokou náročnost cvičení i pro trénované cvičence.

Dále je možné hodnoty srovnat s vypočtenou klidovou frekvencí, tu uvádí Tabulka 8. Hodnoty srdeční frekvence při vysoké aktivitě ve srovnání se srdeční aktivitou v klidu je až trojnásobná.

Tabulka 8 Klidová SF

pozice	Pohlaví	V _{O2} max	SF klid	pozice	Pohlaví	V _{O2} max	SF klid
A1	M	46	65	B1	M	50	60
	Ž	40	65		M	50	60
A2	M	46	65	B2	M	46	65
	M	46	65		M	46	65
A3	M	46	65	B3	M	50	60
	M	46	65		M	46	65
AL	M	46	65	BL	M	50	60
	M	46	65		M	50	60

Legenda:

	Dopolední měření
	Odpolední měření

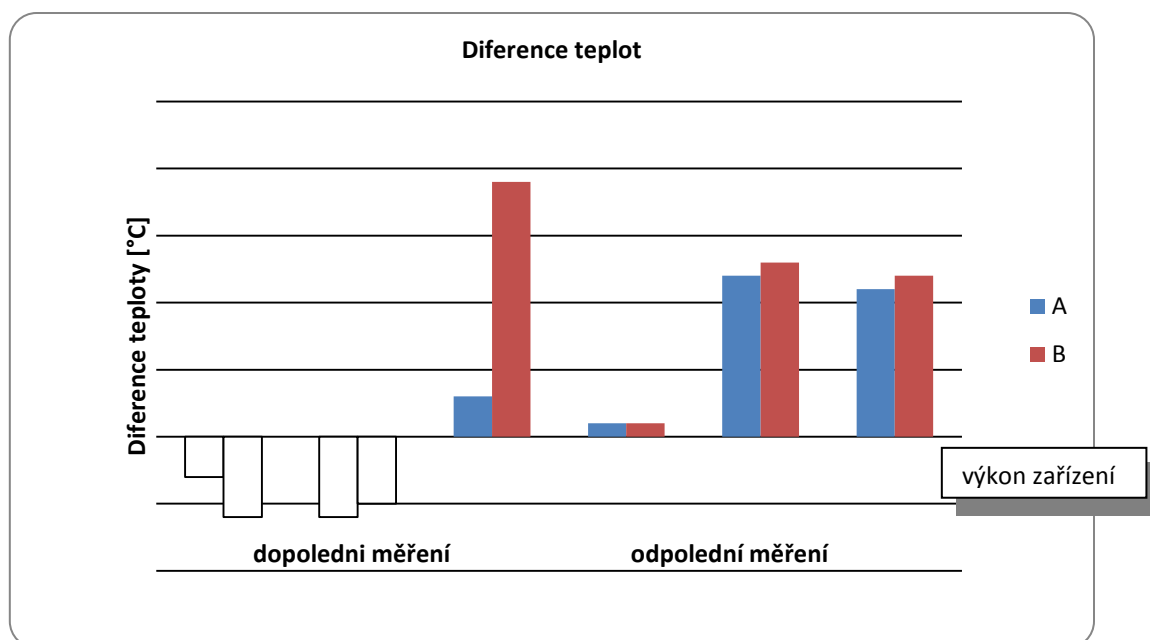
6.3 Teplota tělesného jádra

Hodnoty teplot tělesného jádra u hasičů začínajících na pozici č. 3 uvádí Tabulka 9. Hodnoty byly získány měřením bezkontaktním teploměrem na ušním bubínku (měří se intenzita infračerveného záření vystupujícího z bubínku [19]). Tento způsob měření není považován za nejpřesnější z důvodu několika komplikacích faktorů. Jedná se o absenci kontroly zaostření čidla, přítomnost ušního mazu, obtížnou izolaci zvukovodu a možnosti úzkého nebo zahnutého zvukovodu. [7]

Tabulka 9 Teploty tělesného jádra

hasič č. 3 družstva	výkon [%]	dopolední měření [°C]		odpolední měření [°C]	
		před	po	před	po
A	30	36,7	36,4	36,2	36,3
	60	36,7	36,1	35,8	37,0
	90	35,9	36,2	35,1	36,2
B	30	36,9	36,3	36,6	36,7
	60	35,3	34,8	35,5	36,8
	90	35,0	36,9	35,2	36,4

Z naměřených teplot, byly spočítány rozdíly mezi hodnotami před a po jednotlivých cyklech, ty jsou znázorněny v Graf 3. Řady grafu znázorňují hasiče skupiny A a B. První tři série zobrazují průběh teplot při dopoledním měření, další tři pak při odpoledním měření.



Graf 3 Diference teplot tělesného jádra

Při porovnání teplot obou hasičů je zřejmá podobnost. Po prvních dvou cyklech došlo k mírnému snížení, což značí snahu organismu reagovat na prudké zvýšení okolní teploty a fyzickou zátěž. U třetího dopoledního měření, ale již dochází ke zvýšení teploty, u hasiče B3 téměř o 2 °C. Ačkoliv nedošlo k překročení maximální přípustné teploty 38 °C, takovýto rozdíl je náznakem přetížení organismu a mohl by signalizovat selhání termoregulačních funkcí.

Po dopoledním praktickém výcviku, při kterém jsme prováděli měření, byly u hasiče B3 zjištěny popáleniny druhého stupně na pravém koleni a levém rameni, právě velký nárůst teploty může být odezvou na tato zranění.

Mezi dopoledním a odpoledním měřením byla cca 2 hodiny pauza na oběd a odpočinek. I po odpočinku, ale vzhledem k předešlé zátěži, dochází k mírnému zvýšení teploty tělesného jádra u obou hasičů po prvním cyklu, u dalších dvou pak o více než 1 °C. Taková hodnota je považována za limitní pro bezpečnou práci.

6.4 Teplota kůže

Jak již bylo zmíněno výše, vybraní účastníci měření byly osazeni termočlánky pro měření teploty na kůži a vnitřní straně ochranného oděvu. Přesné umístění je znázorněno na Obrázek 12, kde červené hvězdy označují měření teploty kůže a modré teploty z vnitřní strany oděvu. Naměřené hodnoty se zaznamenávaly každých 5 sekund.

Bohužel dostupné naměřené údaje nejsou kompletní, pravděpodobně vlivem mechanického zatížení docházelo k výpadkům měření jako takového nebo selhávaly jednotlivé termočlánky, např. na rameni zatížením dýchací technikou. Poškozeny byly nejčastěji termočlánky umístěné z vnitřní strany oděvu (tření o spodní prádlo). Průběh teplot při jednotlivých měření z dostupných hodnot jsou znázorněny formou grafů v Příloze C.

Tabulka 10 Maximální a průměrné teploty kůže

		<i>P- nohavice</i>	<i>L- rameno</i>	<i>hrudník</i>	<i>stehno</i>	<i>P- rukavice</i>	<i>krk</i>	<i>záda</i>	<i>zápěstí</i>	<i>lýtka</i>
A	max	-	63,4	37,3	48,0	53,4	37,1	36,4	41,4	34,7
	průměr	-	26,7	33,5	33,0	21,5	34,8	31,0	33,0	29,6
B	max	26,14	51,4	41,1	44,7	69,9	44,5	73,9	80,1	68,1
	průměr	26,14	33,7	33,5	31,7	29,1	33,5	31,7	34,2	31,3

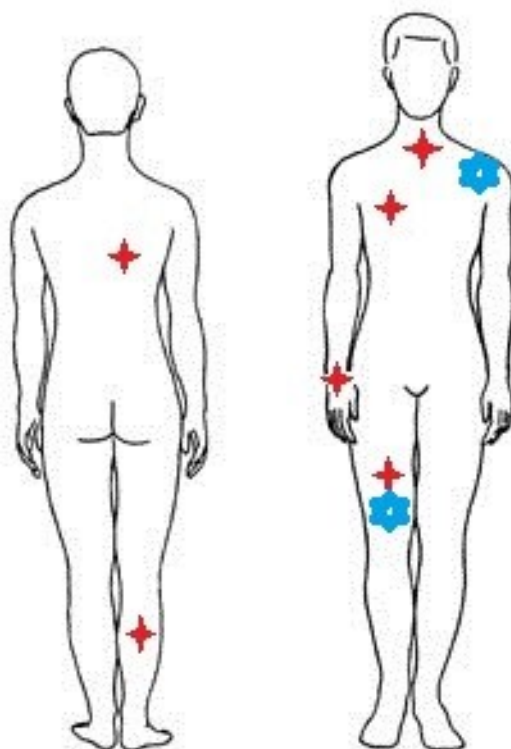
Legenda:

	Maxima každého z hasičů
	Hodnota překračující 37 °C
	Hodnota překračující 45 °C

Pokud jsou údaje známy, z grafů vyplývá, že ačkoliv je prostor mezi kůží a vnitřní stranou oděvu velice malý, teploty naměřené z vnitřní strany oděvu jsou až o 10 °C vyšší než na povrchu těla. Zde se pravděpodobně projevuje vliv spodního prádla.

Ze všeobecné fyziologie člověka vyplývá, že bezpečná teplota na povrchu těla je přibližně 37 °C [1] nebo 38 °C [7]. V našem případě nedošlo k překročení ani té nižší hranice u žádné z průměrných teplot. V krátkém časovém úseku však docházelo k překročení této hodnoty až o desítky stupňů Celsia, což napovídají naměřená maxima v Tabulka 10. Druhá hraniční hodnota 45 °C [1] byla překročena krátkodobě a lokálně. Tato hodnota však je zdraví ohrožující a nemělo by docházet k jejímu překročení.

Průměrná teplota celého povrchu těla se počítá jako vážený průměr všech měřených bodů. Dle [1] by se průměrná teplota měla počítat celkem z 16-ti měřených bodů. V našem případě jsme byli omezeni dýchací technikou (tlaková lahev na zádech, maska na obličeji apod.) a některé body nebylo možné osadit termočlánky. Z dostupných hodnot spočítané průměry v časové posloupnosti vykazují překročení hranice průměrné teploty 37 °C, což značí selhání termoregulačních schopností organismu.



Obrázek 12 Rozmístění termočlánků

U hasiče A došlo k překročení $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ průměrné teploty v časovém rozmezí 16:05 až 16:08, což odpovídá posledním minutám odpolední zkoušky při výkonu 30 % a 18:31 až 18:35 při výkonu 90 %. Tato zvýšení byla relativně krátkodobá a překročení minimální. Ve stejných časových rozhraních byla překročena i hodnota $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, kterou jako limitní povoluje ČSN EN ISO 9868 Ergonomie [7].

U hasiče B došlo k překročení $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ v časových intervalech 11:47 až 11:55 (výkon 30 %), 12:37 až 12:38 (výkon 60 %), 13:17 až 13:26 (výkon 90 %) při dopoledním měření, hodnoty $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ pak pouze v čase od 13:24 do 13:26. Při odpoledním cvičení už ke zvýšení průměrné teploty povrchu těla nad limity nedošlo.

Dosažení hraniční hodnoty v případě hasiče B od počátku cvičení je jedním ze symptomů později odhaleného zranění – popálenin. Pro odpolední měření byl na tuto pozici dosazen náhradník, u kterého již ke zvýšení průměrné teploty kůže nedošlo.

6.5 Subjektivní pocity

Další ze sledovaných hodnot jsou subjektivní pocity, které v průběhu měření byly hlášeny gestikulací a zaznamenávány, uvádí tabulky v Příloze B. Jako výchozí hodnota byla zvolena 0, maximální hodnota 3 vyjadřovala nesnesitelnou zátěž a ukončení zkoušky. Tato hodnota byla nahlášena pouze jednou a to na konci odpoledního měření hasičem na pozici 3.

To že byla nahlášena hodnota 3 na konci měření, je logický následek celodenní namáhavé činnosti. U tohoto hasiče nebylo zjištěno žádné zranění.

Z posloupnosti hlášených pocitů je zřejmé, že pozice H1 a Lektor jsou nejnáročnější. Na těchto pozicích je hasič nejvíce zatěžován sálavým teplem a fyzicky náročnými hasebními pracemi.

Po dopoledním měření bylo zjištěno zranění jednoho z hasičů. Jednalo se o popáleniny prvního a druhého stupně na ramenou a kolenou. Tento hasič však nevnímal toto zranění, a ačkoliv se jedná o bolestivou záležitost, nenahlásil stav 3. Podle jeho slov cítil, že ho zasažená místa pálí, ale „dá se to vydržet“ a stav tedy nevyhodnotil za akutní. Ačkoliv jednoznačně bylo dosaženo hranice možností organismu snášet takovou zátěž, nedošlo k vážnému zranění ani přímému ohrožení na životě.

Tento fakt je důkazem toho, že hasiči jsou schopni pokračovat v plnění úkolu i za cenu vlastního zranění. Takovému chování by ale mělo být zabráněno. Problematické je, jak takovou situaci zavčas diagnostikovat.

Neúplnost tabulek byla způsobena počátečními nejasnostmi v systému hodnocení a hlášení pocitů a ke konci měření kvůli snížené viditelnosti.

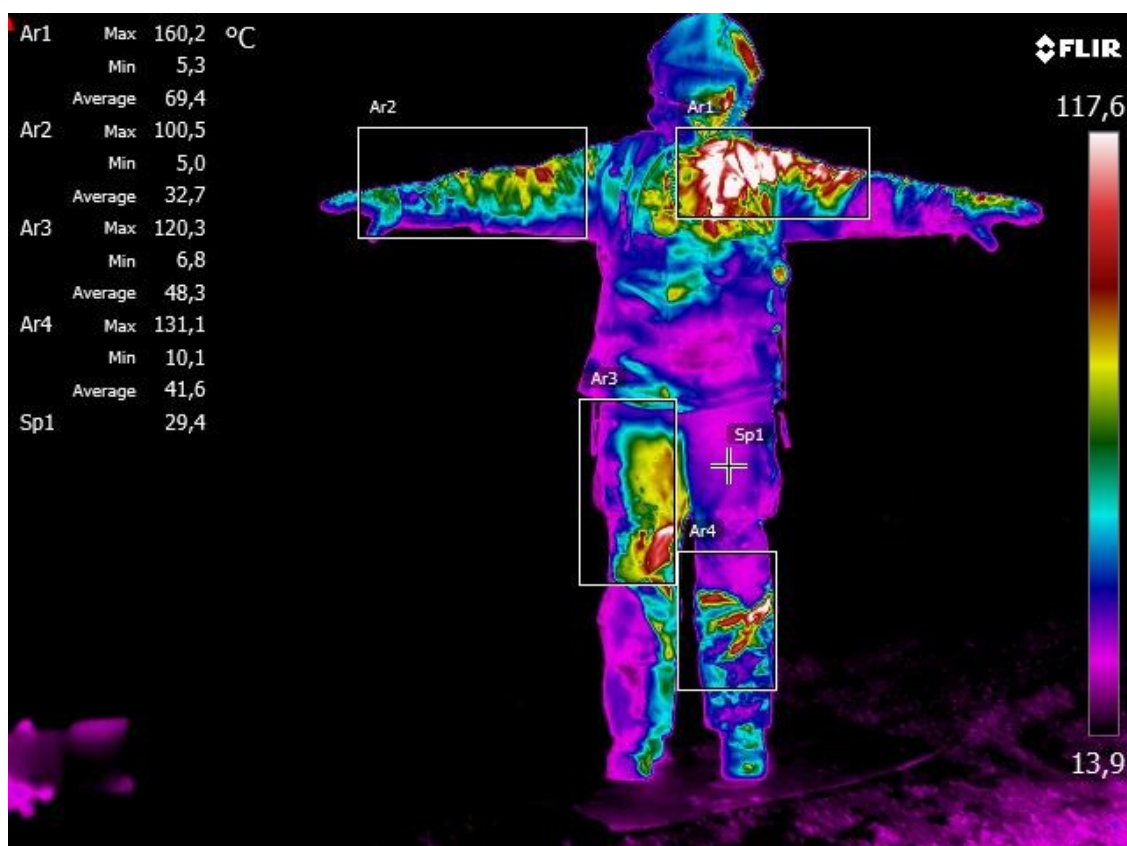
Celkově lze hodnotit, že hasiči snášeli zátěž experimentálního měření velmi dobře, přestože jej vnímali jako velice náročný výcvik.

6.6 Teploty na povrchu zásahového oděvu

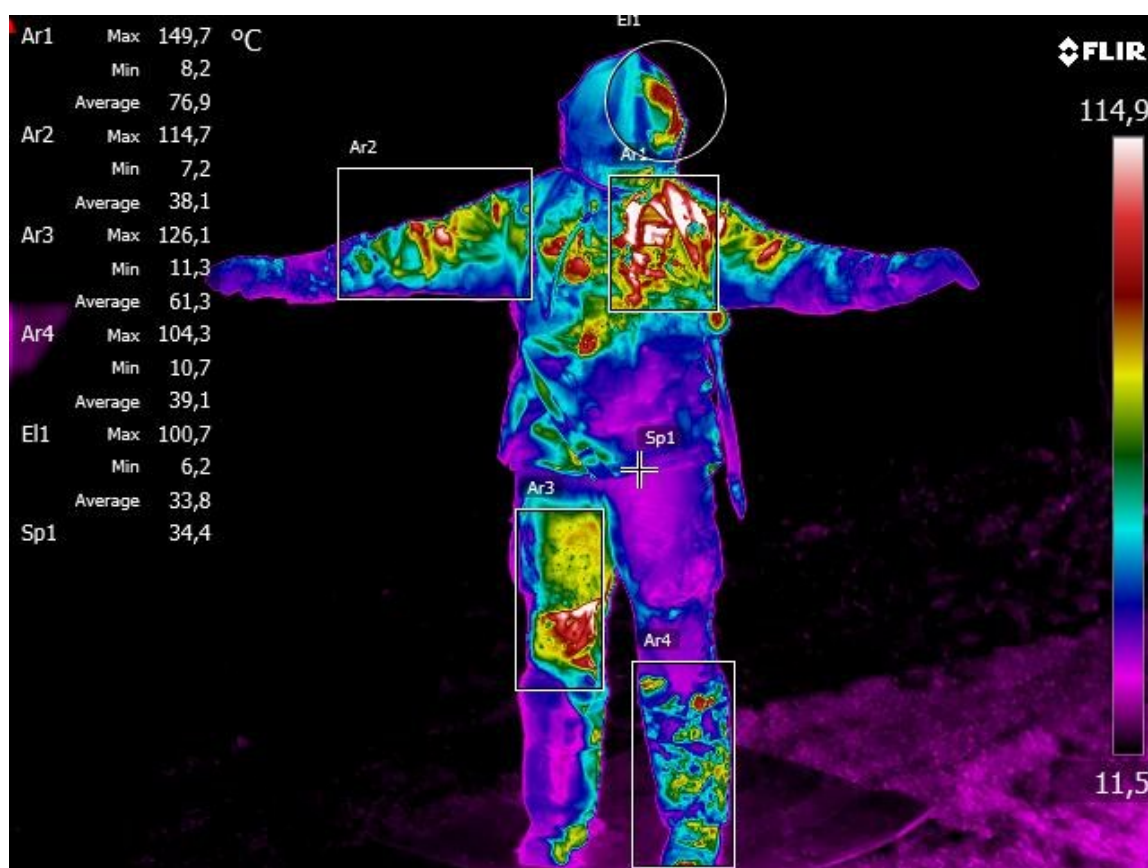
Tato veličina není přímo úměrná fyziologickým reakcím organismu na okolní klimatické podmínky v takové míře, jako jsou výše zmíněné. Samozřejmě schopnost ochranného oděvu omezit přístup tepla k povrchu těla nebo naopak odvod potu usnadňuje organismu se s tak vysokou zátěží srovnat. Teploty na povrchu oděvu spíše charakterizují vlastnosti materiálů, ze kterých jsou speciální oděvy zhotoveny, proto jsou tyto hodnoty uváděny jen okrajově pro představu podmínek, ve kterých hasiči pracují.

Následující fotografie provedené pomocí termovize zobrazují hasiče A3/B3 vždy těsně po ukončení jedné ze zkoušek.

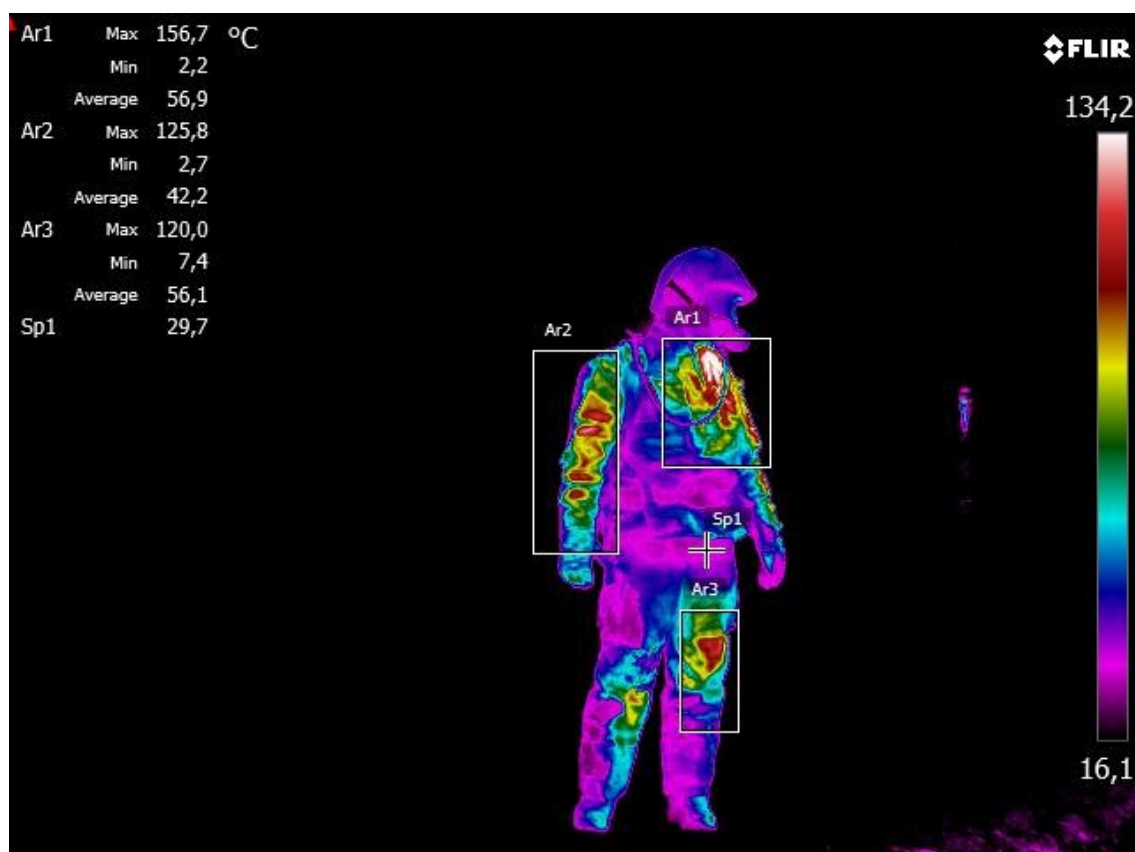
Další fotografie z výcviku jsou v Příloze E. V elektronické podobě této práce budou přiložena ilustrativní videa z cvičení, jejichž autorem je Ing. Ladislav Jánošík.



Obrázek 13 Fotografie termovizí I [23]



Obrázek 14 Fotografie termovizí II [23]

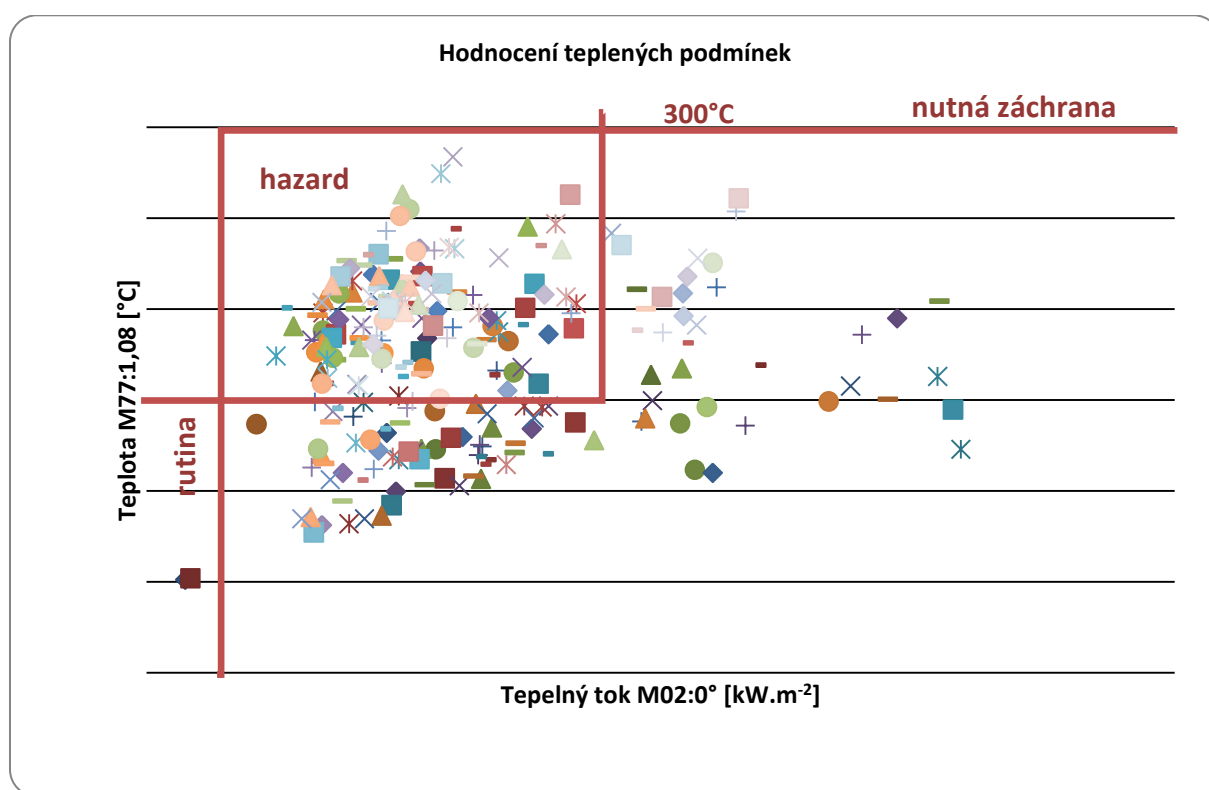


Obrázek 15 Forografie termovizí III [23]

7 Vyhodnocení

Všichni hasiči v průběhu cvičení prokázali svou profesionalitu a dlouholeté zkušenosti v oboru. Dle jich samotných byl výcvik jeden z nejnáročnějších, který absolvovali, ale jak vyplývá z výše uvedených hodnot, zvládali jej výborně.

Vysoká tepelná zátěž je zřejmá i z Grafu 4. René Rossi ve své studii *Fire fighting and its influence on the body* [15] popisuje způsob jak vyhodnotit tepelné podmínky v okolí požáru v závislosti na teplotě v prostoru a tepelnému toku. Hodnoty vynesené do Grafu 4 byly naměřeny při dopoledním měření o výkonu hořáků 90 % pro skupinu B. Limitní hodnoty jsou podle [15] 60 °C a 300 °C a 2 kW.m⁻² a 12 kW.m⁻². V našem případě byly použity hodnoty z termočlánu M77, který byl umístěn v blízkosti pozice Lektora ve výšce 1,08 m a pro tepelný tok hodnoty radiometru M02 umístěného ve vodorovné poloze a s maximálním měřitelným výkonem 50 kW.



Graf 4 Hodnocení tepelných podmínek

Z grafu jasně vyplývá, že hasiči se pohybovali převážně v nebezpečném prostředí. Nikdy se však podmínky v jejich bezprostředním okolí nedostali za hranice obou kritických hodnot (300 °C a 12 kW.m⁻²). Nebezpečí situace je tedy zřejmé, ale díky svým zkušenostem,

znalostem a ochranným prostředkům nedošlo k přímému ohrožení. Stačilo by však, kdyby se hasič postavil a ve výšce přes 1,8 m by byly teploty mnohem vyšší.

Podle vyloučeného potu lze usuzovat, že práce byla opravdu namáhavá a vysoké teploty to jen podtrhovaly. Průměrně každý hasič vypotil 1,7 l. Dovolené limity intenzity pocení byly několikrát překročeny, ty ale nebyly přímo myšleny pro hasiče. Tabulka slouží spíše orientačně, kolik by člověk měl za osmihodinovou směnu vypotit. Při krátkodobější námaze střídané s odpočinkem lze uvažovat i hodnoty vyšší.

Maximálního tepového objemu člověk dosahuje přibližně při 180 tepech za minutu [1]. V našem případě použitý vztah pro výpočet maximální tepové frekvence ($SF_{\max}=220-\text{věk}$), vzhledem k věku cvičenců, se blíží hodnotě 180 min^{-1} . Jiné studie však využívají jiný vztah ($SF_{\max}=200-\text{věk}$). [8] Rozdíl těchto hodnot je 20 min^{-1} , to by znamenalo, že všichni hasiči překročili dovolené limity této veličiny. Je ale třeba brát v úvahu, že takové limitní ukazatele byly využity k hodnocení fyziologických reakcí v roce 1984 a v dnešní době mohou být již považovány za nepřesné.

U teplot na povrchu kůže a pod oděvem nedocházelo k výraznému překročení limitních hodnot. Některé zdroje dokonce počítají s bezpečnou teplotou 38°C . [15] Je zde však výrazný vliv speciálního spodního prádla, který se projevil vyšší teplotou na vnitřní straně oděvu, než byly hodnoty naměřené na povrchu kůže.

Teploty tělesného jádra taktéž přesáhly dovolený rozdíl 0,8 K, i když až v závěru cvičení. I zde je jasný důkaz náročnosti popisované činnosti. Oba sledovaní hasiči (A3/B3) absolvovali dopolední i odpolední cvičení (hasič B3 dopoledne působil na jiné pozici), je zvýšení teploty vázáno na celodenní vysokou aktivitu. Bylo by vhodnější zvážit v případě dlouhodobých zásahů (více jak 4 hodiny) dostatečný odpočinek každého z hasičů. Hodnoty získané měřením bezkontaktním teploměrem je vhodné brát spíše informativně vzhledem k výše uvedeným skutečnostem.

U zraněného hasiče došlo k výraznému překročení více měřených veličin, proto je hodnocen odděleně. Značné překročení bezpečných limitů, jako jsou teplota tělesného jádra nebo dlouhodobé zvýšení teplot kůže, je známkou selhání termoregulačních schopností organismu. Hodnoty srdeční frekvence bohužel nejsou k dispozici. Jedná se o zkušeného hasiče, a proto by mělo být uvažováno o možném negativním vlivu např. lehkého podchlazení nebo momentálního psychického stavu.

Cvičení se účastnila i jedna žena (odpolední cvičení, pozice A1). Jako jediná překračovala doporučený poměr váha zátěže/váha osoby 30 %. Viz Kapitola 4 *Zahraniční*

studie. Ve většině měřených veličin výrazně nevybočovaly její hodnoty ve srovnání s ostatními, ale všechna čísla byla nadprůměrná. V případě srdeční frekvence se průměrná hodnota SF vyšplhala až na 142 min^{-1} , viz Tabulka 7, což je jednoznačně nejvyšší průměrná hodnota. To může být způsobeno právě nadměrnou zátěží vzhledem k její osobní váze.

Kromě běžných faktorů, které ovlivňují reakce organismu působící na všechny osoby, podléhají ženy cyklickým hormonálním změnám, které se na výkonnosti mohou výrazně odrazit. K hodnocení, zda ženy mohou vykonávat toto povolání, je zde málo údajů! Z dostupných údajů však nelze vyloučit, že žena vyšší hmotnosti a výborné fyzické kondice může plnohodnotně zastávat podobné činnosti.

8 Závěr

Jednoznačné hodnocení fyzické zdatnosti hasičů je velice komplikované, kromě měřených a hodnocených veličin může jejich výkonnost ovlivňovat velké množství faktorů, které třeba ani nejsou měřitelné, jako je psychický stav.

Tato práce dokazuje, že jedinci dobré kondice, trénovanosti a výborného zdraví nejsou přímo ohroženi na životě ani zdraví při výcviku, který simuluje reálné podmínky požáru v uzavřených prostorách, konkrétně ve výcvikovém zařízení ve Zbirohu. Je však nutné dbát na odborné a zkušené vedení zásahu, dostatečný odpočinek u dlouhodobých zásahů nebo perfektní zdraví. I nepatrný výkyv může snížit výrazně výkonnost, protože i za běžných okolností hasiči dosahují hraničních hodnot fyziologických reakcí organismu.

Spíše ze zahraničních zdrojů vyplývá, že mladí, ne příliš zkušení hasiči, se s takovou fyzickou zátěží srovnávají hůře než osoby, které toto povolání vykonávají déle než 10 let. [13] Zařazení zátěžových testů to vstupních testů fyzické kondice nebo zdravotní způsobilosti by tak mohlo eliminovat jedince, kteří dlouhodobě neunesou extrémní zatížení.

Stejně tak by měla být brána v úvahu tělesná konstrukce osob vybíraných na pozice hasičů. Běžná výstroj a výzbroj váží 20 – 25 kg a to může jedince s nižší hmotností výrazně omezit. Proto je doporučeno brát v úvahu poměr zátěže ku hmotnosti hasiče, tento poměr by v ideálním případě neměl překročit 30 %.

I hasiči jsou jen lidé a již stanovené bezpečné limitní hodnoty platí i pro ně. Ikdyž jsou veličiny, u kterých by stálo za úvahu zvážit, zda by nebylo vhodnější alespoň tolerovat hodnoty vyšší. Na příklad u intenzity pocení, která je vyšší při práci v ochranném oděvu. Srdeční frekvence nebo teploty jsou pro všechny lidi shodné. Ale na těch se výrazně odráží i vlastností zásahových oděvů.

Vždy se bude stávat, že hasiči budou překračovat při velmi složitých zásazích dovolené limity, není možné je neustále podrobně sledovat. A i kdyby to z technického hlediska možné bylo, jeho stažením ze zásahu můžeme ohrozit životy a zdraví jiných. Hasiči stále budou platit za hrdiny, kteří prostě občas musí ohrozit vlastní zdraví, aby pomohli jiným nehledě na vlastní újmy.

Je ale logické, že v praxi se zásahy neřídí přesnými pravidly jako v případě cvičení a zásahy tak mohou být mnohem náročnější. Důraz by měl být kladen především na dostatek sil a prostředků u zásahů, aby jednotliví hasiči nemuseli být přetěžováni a mohli se pravidelně střídát.

Zodpovědný by měl být především přístup samotných hasičů, kteří často přeceňují své síly. Ohlášení byť jen minimálních zdravotních indispozic nebo jakýchkoliv změn při zásahu by mělo být povinností každého z nich, aby nebylo ohroženo zdraví a bezpečnost všech zúčastněných.

Seznamy

Seznam obrázků

Obrázek 1 Formy svalové kontrakce [2]	4
Obrázek 2 Vazebná křivka pro O ₂ [2]	6
Obrázek 3 Výměna tepla mezi tepnami a žilami [2]	7
Obrázek 4 Mechanismy výdeje tepla [2]	8
Obrázek 5 Pracovní systém [8]	17
Obrázek 6 Faktory výkonnosti [12]	20
Obrázek 7 Výcvikový trenažér Zbiroh [22]	22
Obrázek 8 Pozice hasičů [22]	25
Obrázek 9 Posun hasičů [22]	25
Obrázek 10 Soldier Inspect [18]	31
Obrázek 11 Třístavový výstup – míra zátěže	31
Obrázek 12 Rozmístění termočlánků	39
Obrázek 13 Fotografie termovizí I [23]	41
Obrázek 14 Fotografie termovizí II [23]	41
Obrázek 15 Fotografie termovizí III [23]	42

Seznam grafů

Graf 1 Teplota při výkonu zařízení 90 %	29
Graf 2 Hustota tepelného toku při výkonu zařízení 90 %	30
Graf 3 Diference teplot tělesného jádra	37
Graf 4 Hodnocení tepelných podmínek	43

Seznam tabulek

Tabulka 1 Zkušební sestava cyklů	24
Tabulka 2 Časy - Dopolední měření	26
Tabulka 3 Časy - Odpolední měření	26
Tabulka 4 Hodnoty hasičů	27
Tabulka 5 Intenzita pocení	33
Tabulka 6 Maximální směnová průměrná Intenzita pocení [1]	34
Tabulka 7 Srdeční frekvence	35
Tabulka 8 Klidová SF	36
Tabulka 9 Teploty tělesného jádra	36
Tabulka 10 Maximální a průměrné teploty kůže	38

Seznam příloh

Příloha A Časové schéma cyklu

Příloha B Subjektivní pocity

Příloha C Teploty

Příloha D Srdeční frekvence

Příloha E Fotogalerie

Seznam použitých zkratk

ADP	adenosintrifosfát
ADT	adenosindifosfát
BMI	Body Mass Index
CNS	Centrální nervová soustava
DP	dýchací přístroj
EKG	Echokardiogram
FBI	Fakulta bezpečnostního inženýrství
H1-3/L	Hasič č.1-3/Lektor, pozice při výcviku, viz Obrázek 6
HRV	Analýza autonomního nervového systému
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
SF	Srdeční frekvence
TK	Krevní tlak
VŠB-TUO	Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Zdroje

- [1] Jiráček, Z., Vašina, B.: Fyziologie a psychologie práce. 2009. Ostravská univerzita v Ostravě, Ústav fyziologie a patofyziologie, Fakulta zdravotnických studií. 2. vydání, Repronis Ostrava, 157 stran. ISBN 978-80-7368-610-9
- [2] Silbernagl, S., Despopoulos, A.: Atlas fyziologie člověka. 2004. 3. české vydání, Grada Publishing s.r.o., Praha, 435 stran. ISBN 80-247-0630-X
- [3] Hájek, S., Stefan, J.: Příčiny, mechanismus a hodnocení poranění v lékařské praxi. 1996. 2. Vydání, Grada Publishing s.r.o., Praha, 228 stran. ISBN 8071692026
- [4] Česká republika. Zákon o služebním poměru příslušníků bezpečnostních sborů. V: Sbírka zákonů České republiky, Praha, roč. 2003, č. 361.
- [5] Česká republika. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. V: Sbírka zákonů České republiky. Praha, roč. 2007, č. 361, částka 111.
- [6] Česká republika. Pokyn generálního ředitele HZS ČR ze dne 30. prosince 2008, kterým se stanovují požadavky na tělesnou zdatnost občana při přijímání do služebního poměru příslušníka Hasičského záchranného sboru České republiky pro výkon služby na služebním místě, na které má být ustanoven a organizace zkoušek tělesné zdatnosti a tělesné přípravy. V: Sbírka interních aktů řízení generálního ředitele HZS ČR. Praha, roč. 2008, č. 58, částka 70.
- [7] ČSN EN ISO 9886. Ergonomie: Hodnocení tepelné zátěže podle fyziologických měření. 2004. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [8] Auer Mitteilungen. Berlin, Bundesrepublik Deutschland: Auergesellschaft, 1984, č. 5., strana 19 – 22.: Kirsch, K.: Leistungsanforderungen an Schutzzugträger.
- [9] Ergonomics. c 1979, Taylor & Francis Ltd., ročník 22., č. 5, strana 521 – 527: Duncan, W., Gardner, G.-W., Barnard, R.-J.: Physiological Responses of men working in fire fighting equipment in the heat.
- [10] Arbeitsmedizin. Sozialmedizin. Präventivmedizin. Dortmund, Bundesrepublik Deutschland: 1985, č. 12, strana 173 – 176: Kirsch, K., Vogt-Krisch, C.: Die Leistungsgrenzen des Menschen beim Tragen von Atemschutz und Schutzzug.

- [11] Arbeitsmedizin. Sozialmedizin. Präventivmedizin. Dortmund, Bundesrepublik Deutschland: 1983, č. 3, strana 58 – 63: Kiparski, R.v., Marschall, B.: Die Beanspruchung von Feuerwehrleuten bei Übungen und im Einsatz.
- [12] Arbeitsmedizin. Sozialmedizin. Präventivmedizin. Dortmund, Bundesrepublik Deutschland: 1995, č. 30, strana 138 – 173: Wagner, S., Will, N., Schuckmann, F.: Untersuchung der Herz-Kreislaufbelastung von Berufsfeuerwehrleuten bei der Ergometrie und auf der Teststrecke unter Berücksichtigung des aktuellen Grundsatzes für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Atemschutzgeräte" (G26).
- [13] Arbeitsmedizin. Sozialmedizin. Präventivmedizin. Dortmund, Bundesrepublik Deutschland: 1997, č. 32/4, strana 138 – 144: Schopper.Jochum, S., Schubert, W., Hocke, M.: Vergleichende Bewertung de Trageverhaltens von Feuerwehr-Einsatzjacken (Phase I).
- [14] Arbeitsmedizin. Sozialmedizin. Präventivmedizin. Dortmund, Bundesrepublik Deutschland: 1997, č. 32/8, strana 314 – 320: Schopper.Jochum, S., Schubert, W., Hocke, M.: Vergleichende Bewertung de Trageverhaltens von Feuerwehr-Einsatzjacken (Phase II).
- [15] Ergonomics. c 2003, Taylor & Francis Ltd., ročník 46., č. 10, strana 1017 - 1033: Rossi, R.: Firefighting and its influence on the body.
- [16] Studie: Finteis, T., Oehler, J.-C., Genzwürker, H., Hinkelbein, J., Dempfle, C.-E., Becker, H., Ellinger, K.: Stressbelastung von Atemschutzgeräteträgern bei der Einsatzsimulation im Feuerwehr-Übungshaus Bruchstal Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg (STATT-Studie). 2002. Klinikum Mannheim GmbH – Universitätsklinikum – Institut für Anästhesiologie und Operative Intesivmedizin, Mannheim.
- [17] R. Kučera, "ABZ Slovník cizích slov," [Online]. Dostupný z <http://slovník.abz.cz>. [Accessed 13 únor 2012].
- [18] Clevertch.cz [online]. c 2012 [cit. 2012-02-13]. Dostupný z <http://www.clevertch.cz/cz/soldier-inspect.html>
- [19] Ordinace.cz [online]. ISSN 1801-8467 [cit. 2012-02-13]. Dostupný z <http://www.ordinace.cz/clanek/elektrokardiogram-neboli-ekg/>
- [20] hrvanalyse.com [online]. [cit. 2012-02-13]. Dostupný z <http://www.hrv-analyse.com/>

- [21] Klasifikace-Tabulky, Medicine simple [online]. c 2012 [cit. 2012-06-04]. Dostupný z <http://www.mudr.org/web/bsa-povrch-tela>
- [22] Diplomová práce; Žižka, Jan: Soubor experimentálních zkoušek při simulovaném požáru v podmínkách uzavřeného prostoru provedených ve výcvikovém zařízení Zbiroh. VŠB – TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2012; vedoucí práce: Ing. Jan Hora
- [23] Ing. Pavel Smrčka, Ph.D.: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra lékařských a humanitních oborů.

Příloha A

Časové schéma cyklu

Cyklus

1.	zahřátí	5 x15 s	75 s
2.	nástup hasičů	10 s	
3.	hašení H1 ⁶	5 x15 s	75 s
4.	přesun hasičů	10 s	
5.	hašení H2	5 x15 s	75 s
6.	přesun hasičů	10 s	
7.	hašení H3	5 x15 s	75 s
8.	přesun hasičů	10 s	
9.	hašení L	5 x15 s	75 s
10.	přesun hasičů	10 s	
11.	hašení H1	5 x15 s	75 s
12.	přesun hasičů	10 s	
13.	hašení H2	5 x15 s	75 s
14.	přesun hasičů	10 s	
15.	hašení H3	5 x15 s	75 s
16.	přesun hasičů	10 s	
17.	hašení L	5 x15 s	75 s

celkový čas cyklu 5 min 30 s

⁶ Výchozí pozice hasiče, který je právě u proudnice

Příloha B

Subjektivní pocity

Subjektivní pocity - dopolední zkouška

výkon zařízení 30%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	1	1	1	1			2	
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1						
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0				1			
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0			1	1			
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

skupina B

L	0	0	1	2	1	0	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1	0		1	2	0	
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	0	2			1	2	
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	0	1	2	1	1	1	2
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

výkon zařízení 60%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	2	1		2	1	1	2	
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	1	2	1		1	1		
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	1	2		1	2	2		
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	1	1	1	1	1	1	2	
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

skupina B

L	0	0	1	1	1	0	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1	0	1	1	2	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	1	1	0	1	1	2	2
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	0	2	2	1	0	2	1
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

výkon zařízení 90%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	1	1	1	1	2	1	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1		1	1	1	1	1	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	1	2	1	1	2	2	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3		1	1	1	1	1	1	2
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

skupina B

L	0	0	0	1	1	1	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1	1	1	2	2	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	2	2	1	0	1	2	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	0	1	1	0	1	2	2
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

zranění

Subjektivní pocity - odpolední zkouška

výkon zařízení 30%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	1	1	1	1	2	1	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	1	1	1	1	2	1	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	1	1	1	1	1	1	2
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

skupina B

L	0	0	0	1	2	0	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	0	0	1	1	1	0	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	0	1	1	0	0	1	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	0	1	2	1	0	1	1
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

výkon zařízení 60%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	2	1	1	1	2	1	1	2
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	1	1	1	1		1	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	1	1	1	1		1	1	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	1	1	1	1	1	1	2	2
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

skupina B

L	0	0	0		1	0	1	
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	1	0	0			0	1	
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	1	0	0				
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0			2				
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

výkon zařízení 90%

rozmístění hasičů na jednotlivých pozicích

L	1	2	3	L	1	2	3
1	2	3	L	1	2	3	L
2	3	L	1	2	3	L	1
3	L	1	2	3	L	1	2

skupina A

L	1	1	1	1	2	1	1	1
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1	1	1	2	2	1	1
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	1	1	2	2	2	1	1	1
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	2	1	2	2	2	2	1	3
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

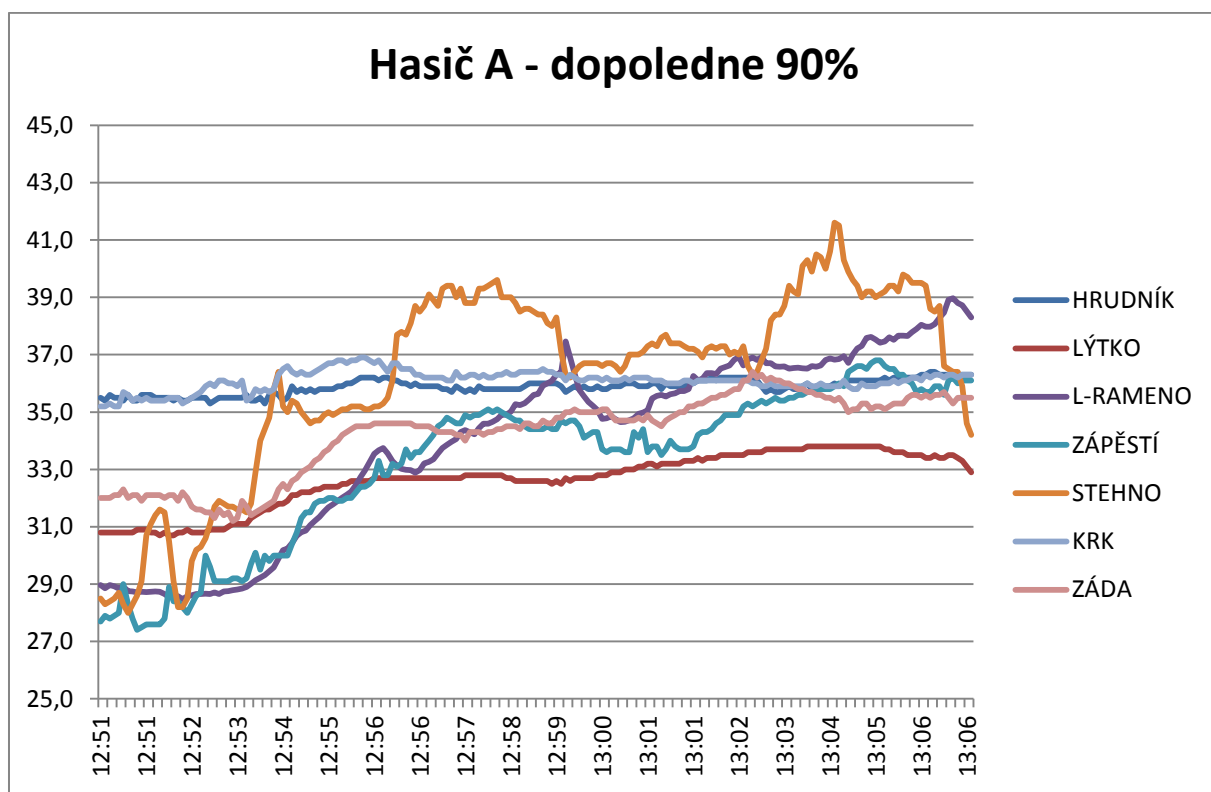
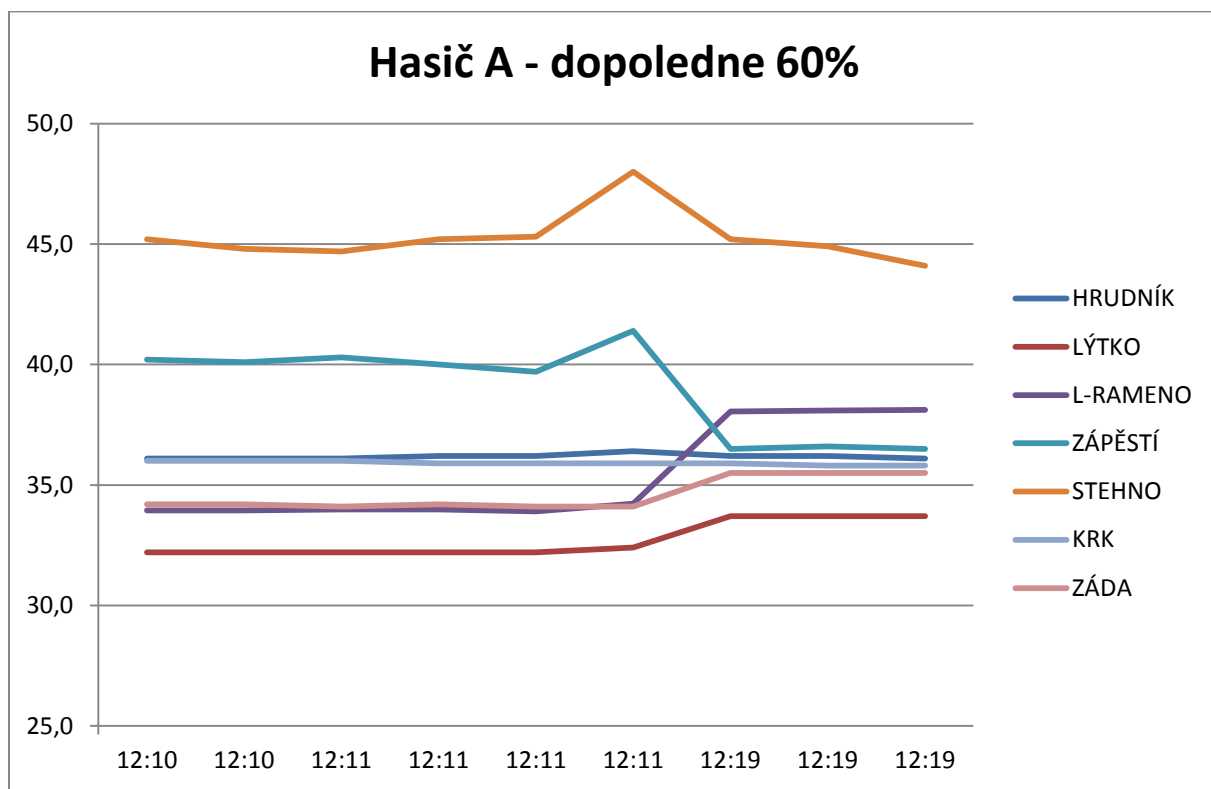
skupina B

L	0	0	1	1	2	0	0	
pozice	L	3	2	1	L	3	2	1
1	0	1	1	2	2	1	1	
pozice	1	L	3	2	1	L	3	2
2	0	1	1	2	2	2	2	
pozice	2	1	L	3	2	1	L	3
3	0	1	1	1	1	1	2	
pozice	3	2	1	L	3	2	1	L

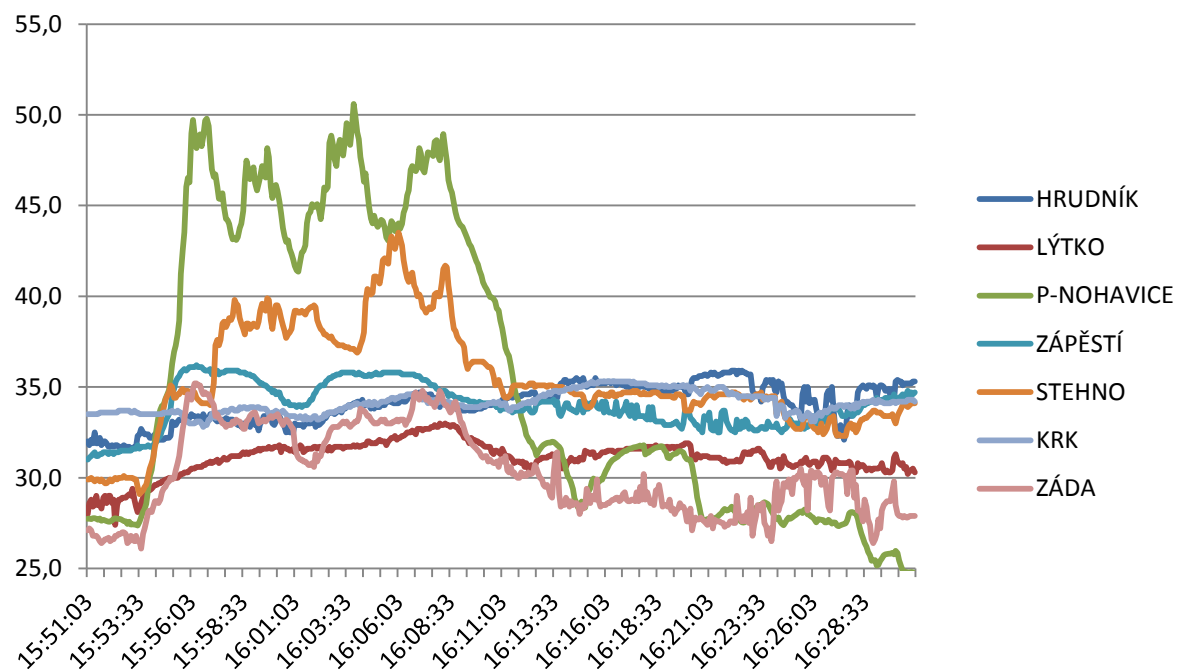
Příloha C

Teploty

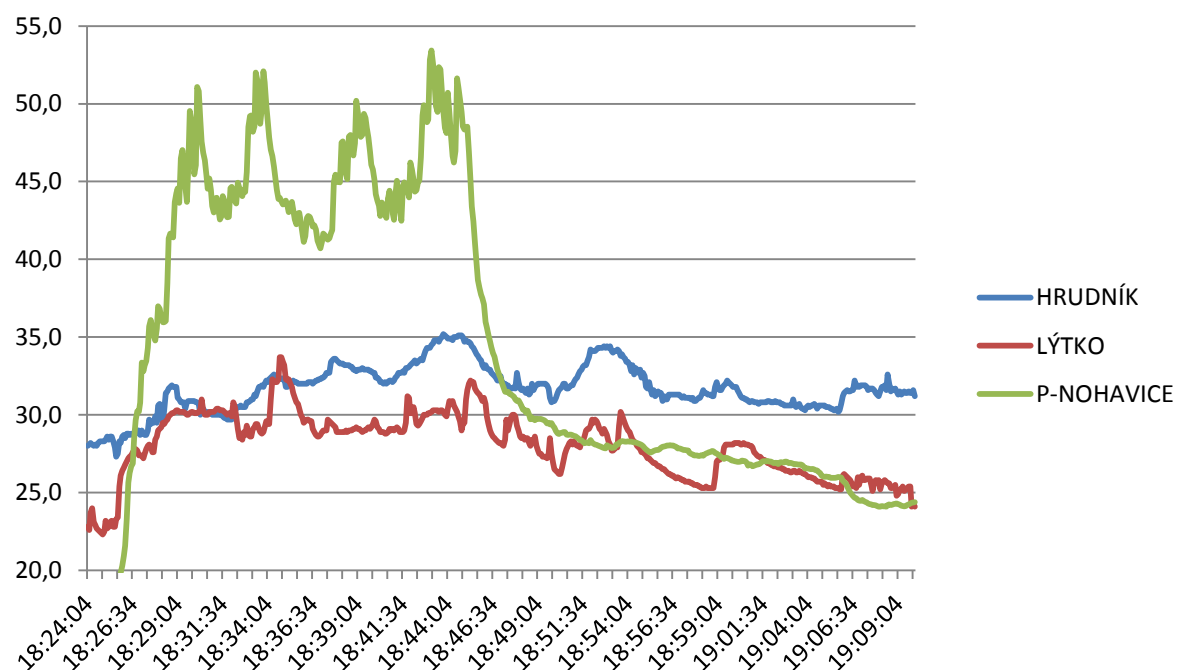
- **Hasič A**
- **Hasič B**

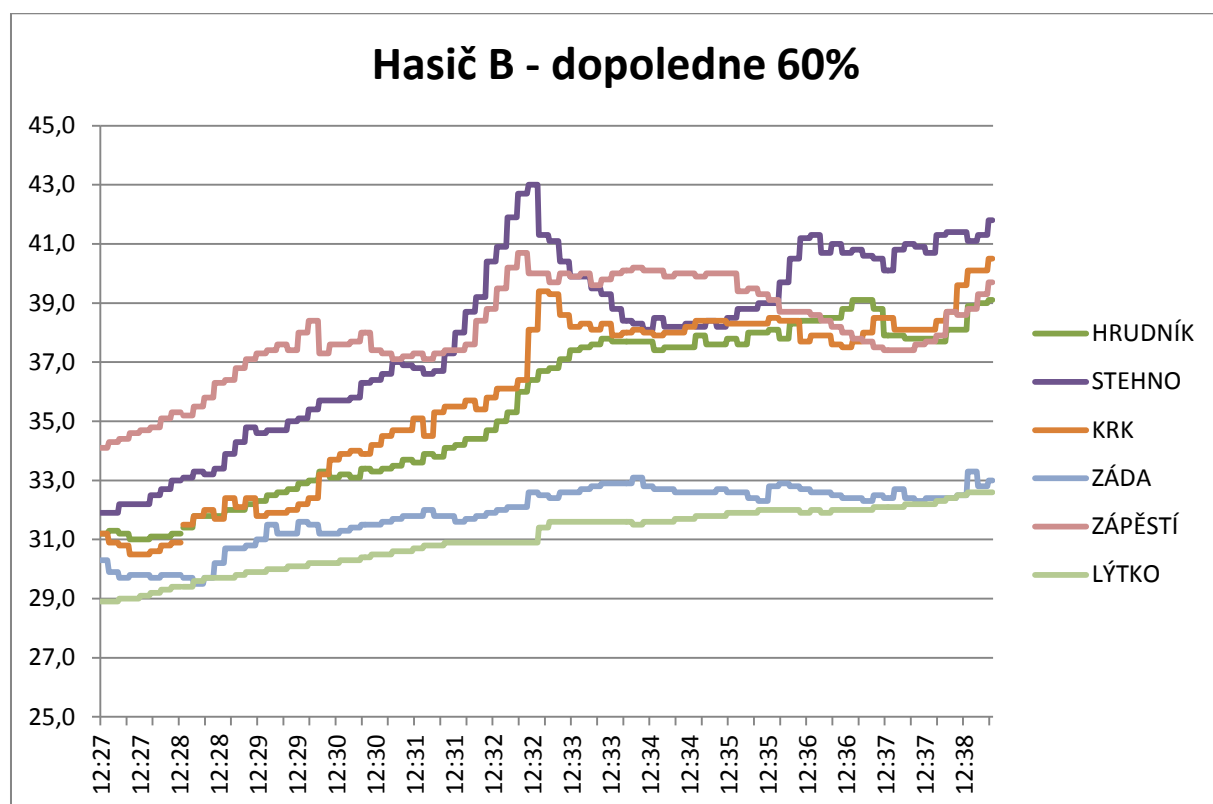
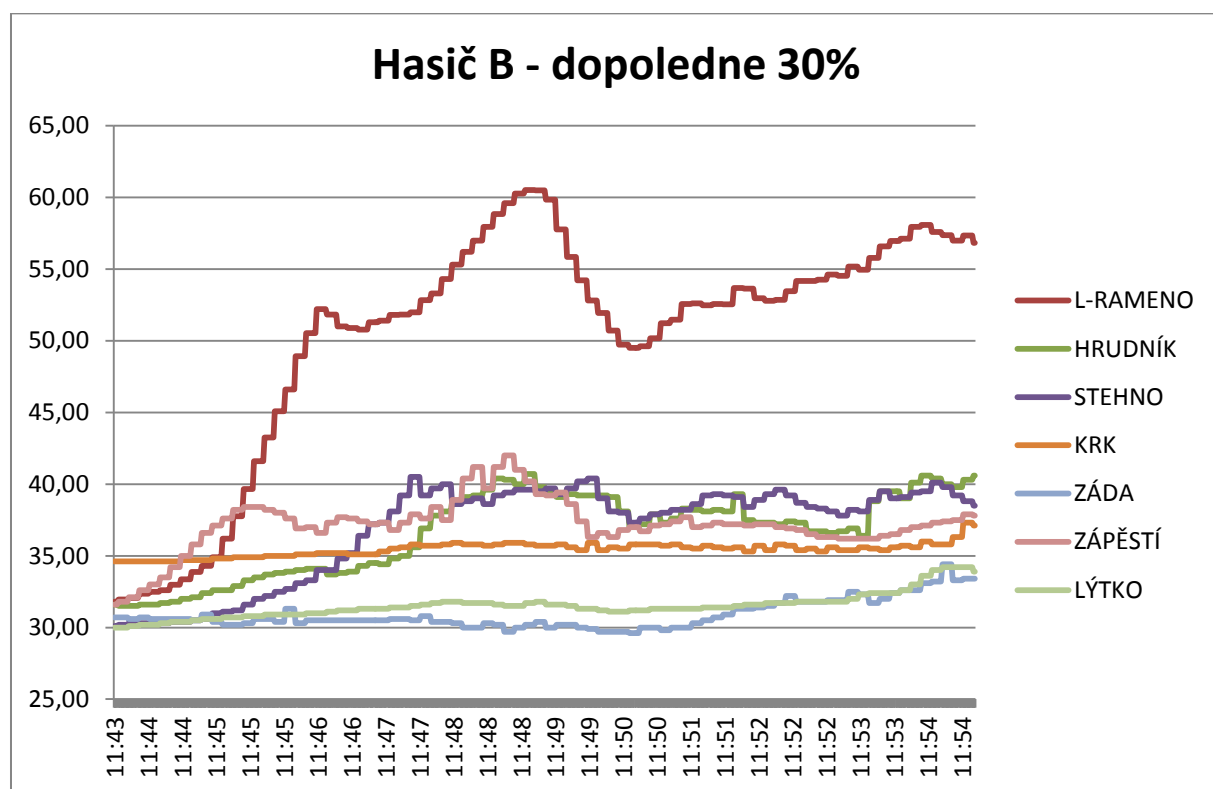


Hasič A - odpoledne 30%

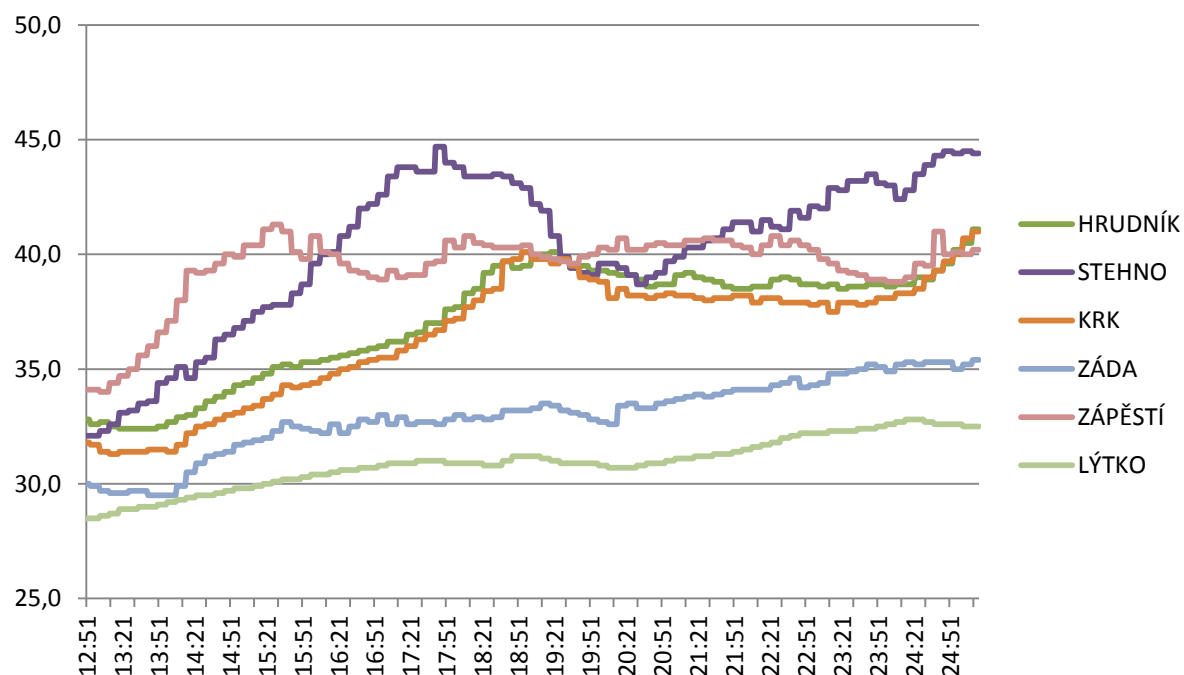


Hasič A - odpoledne 90%

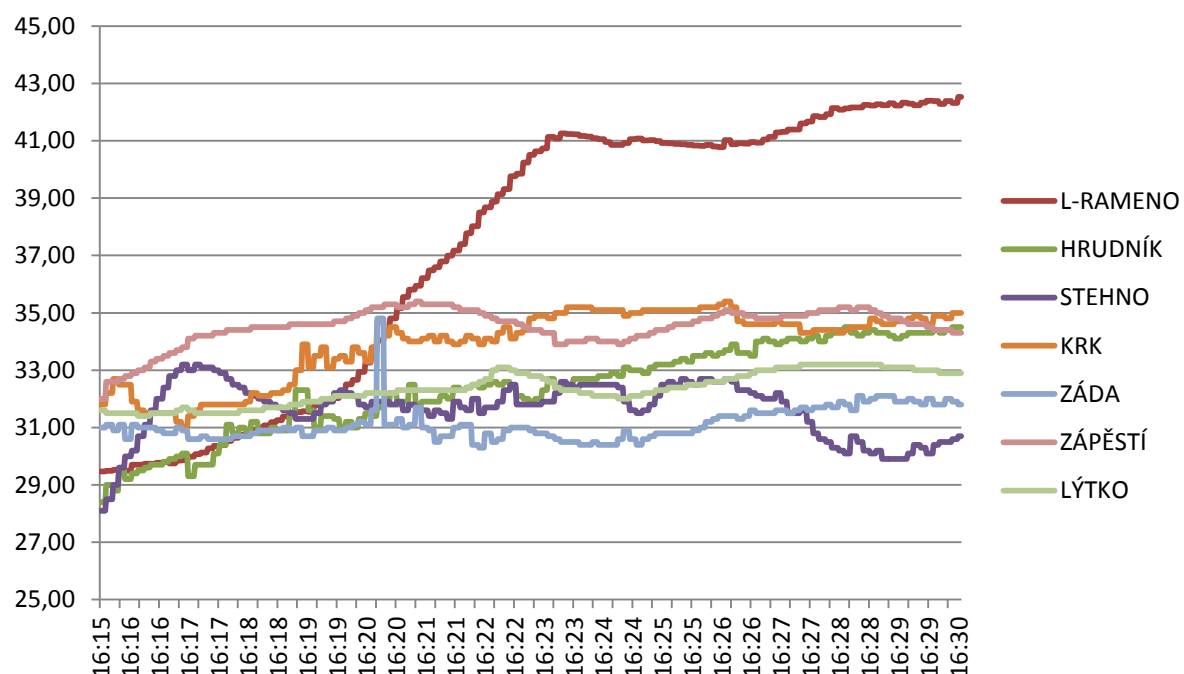




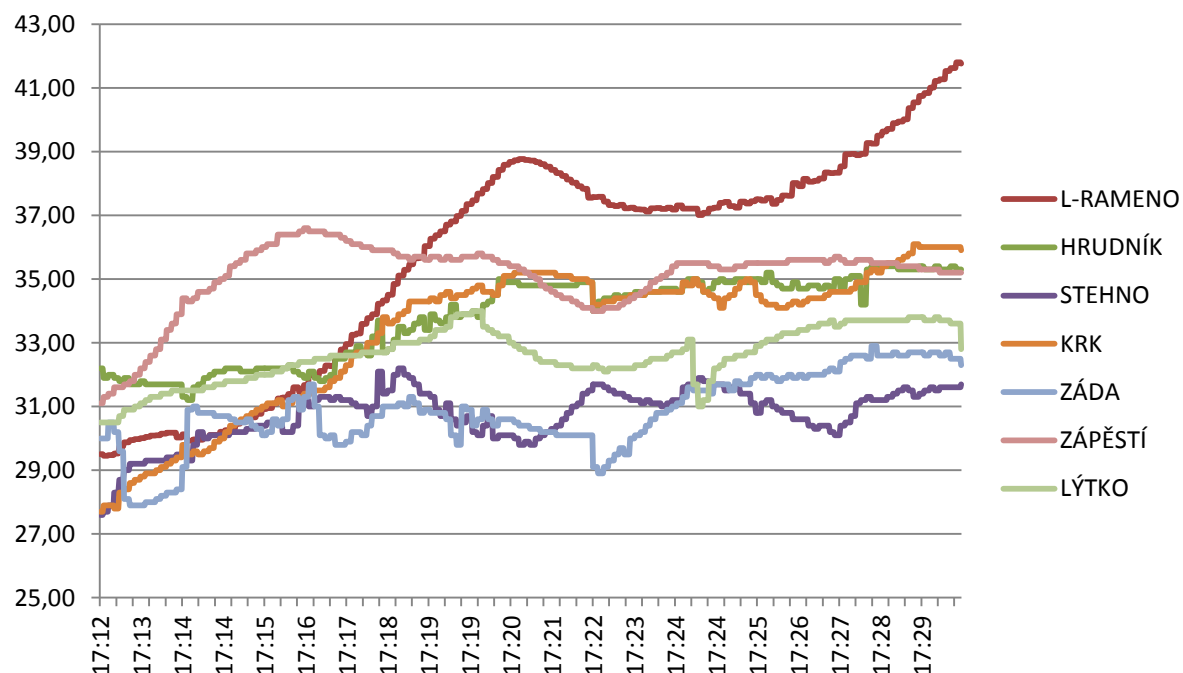
Hasič B - dopoledne 90%



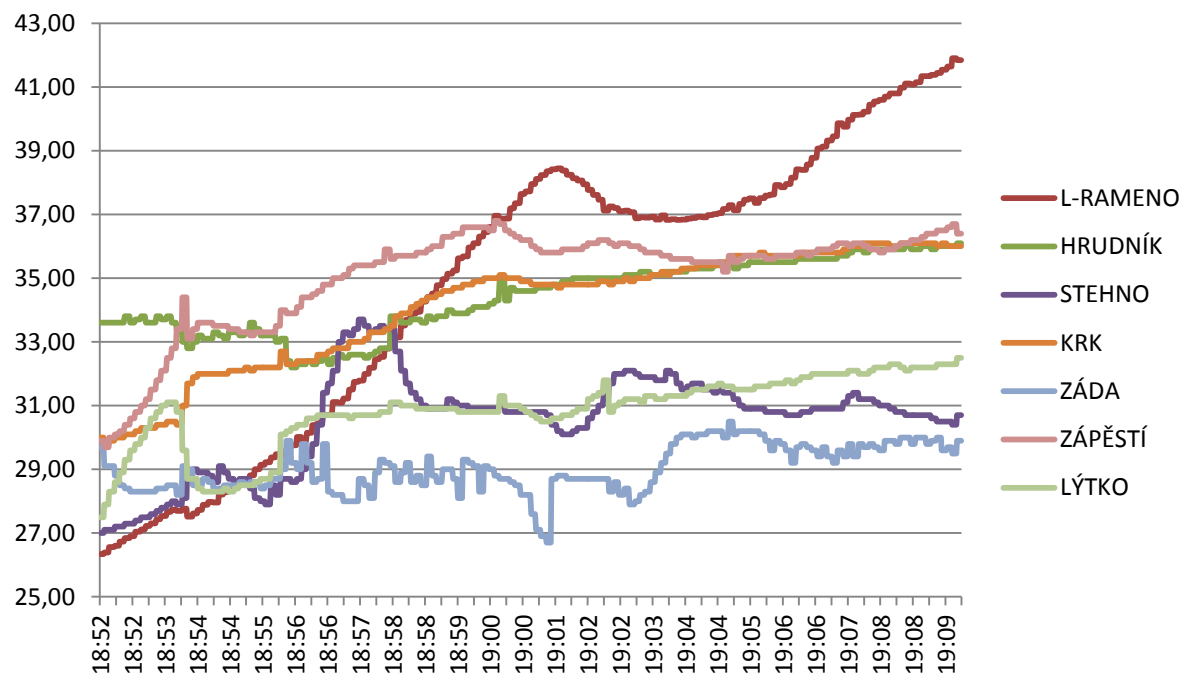
Hasič B - odpoledne 30%



Hasič B - odpoledne 60%



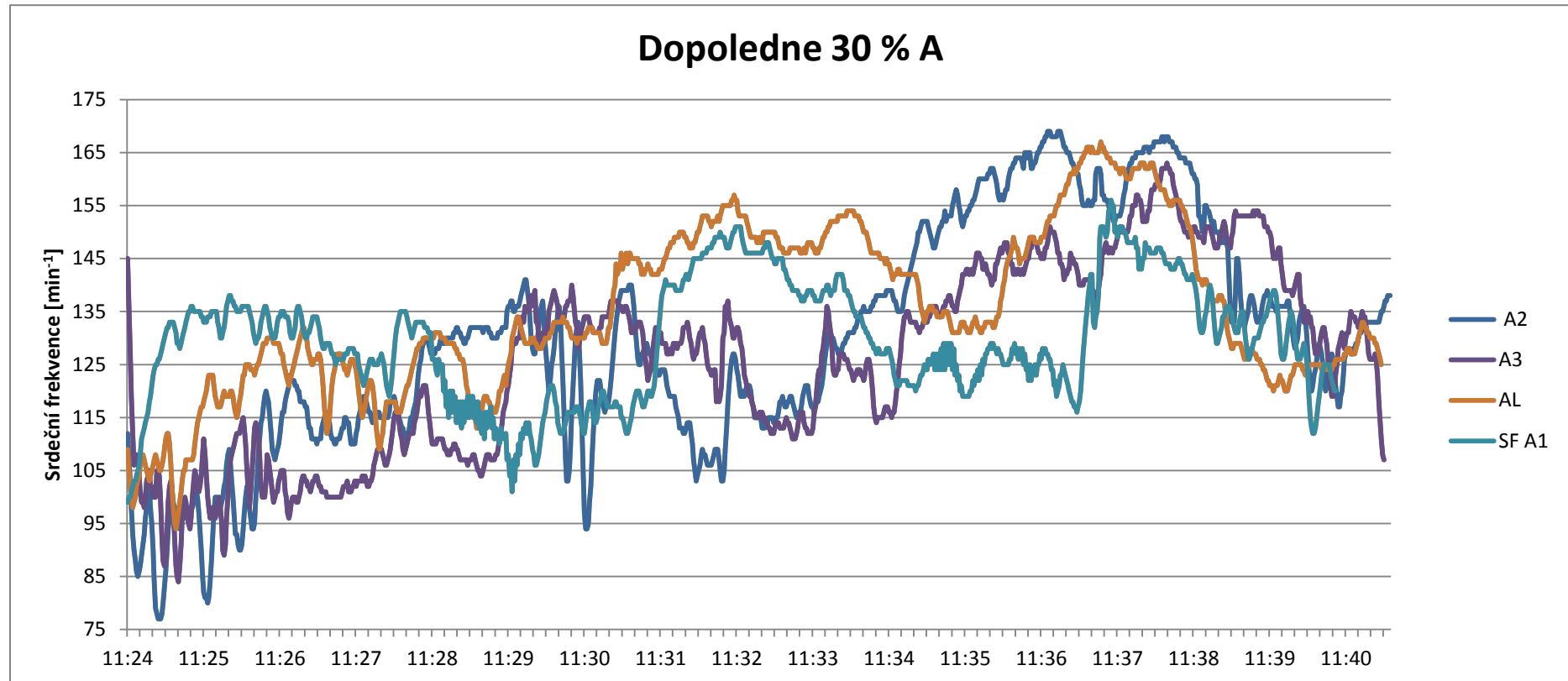
Hasič B - odpoledne 90%



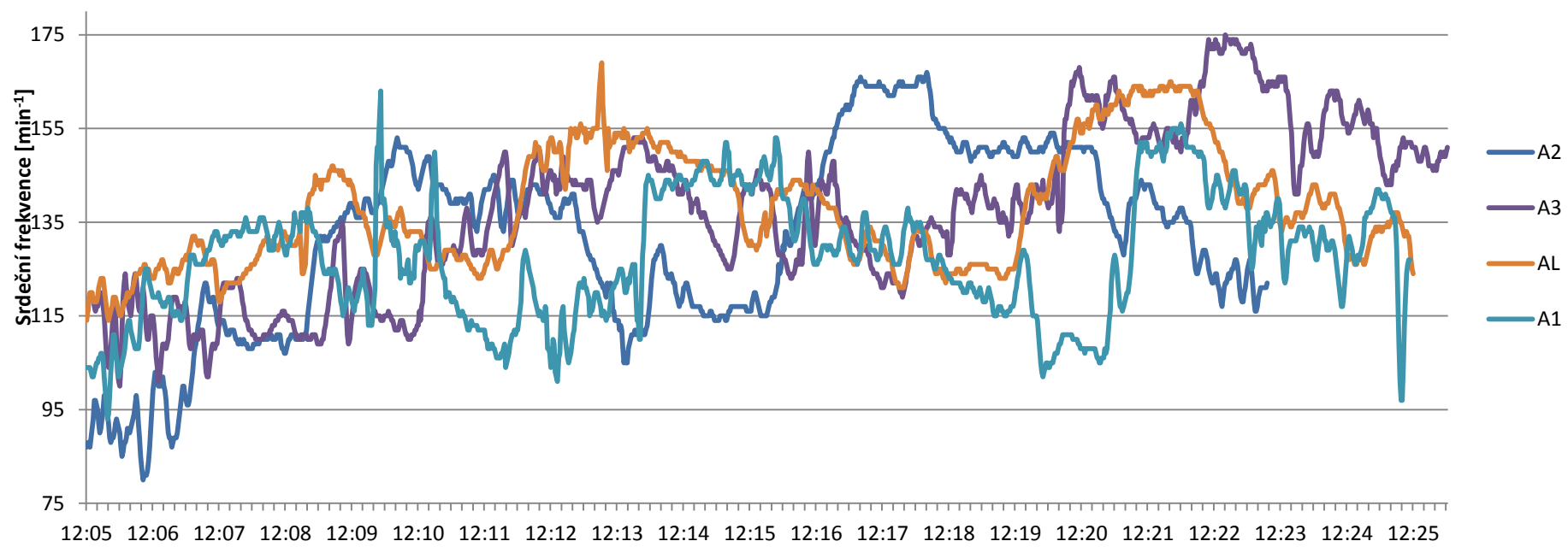
Příloha D

Srdeční frekvence

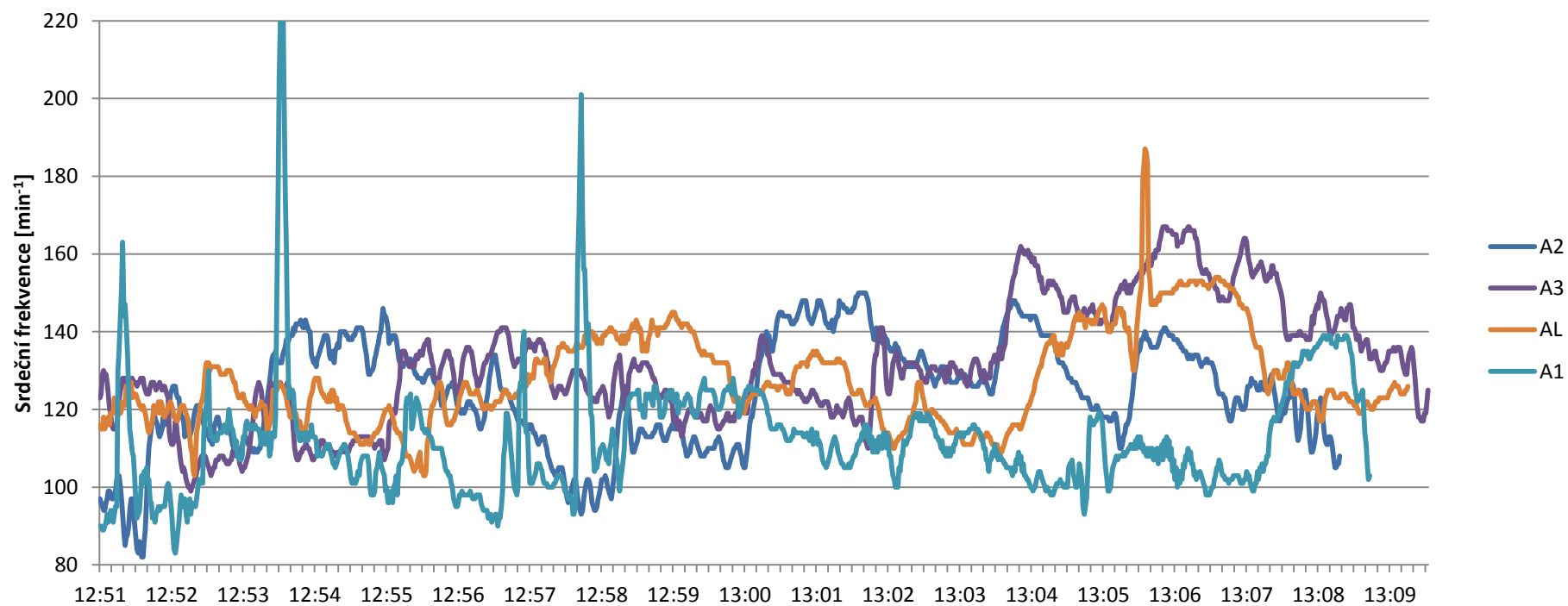
- **Dopolední měření**
- **Odpolední měření**



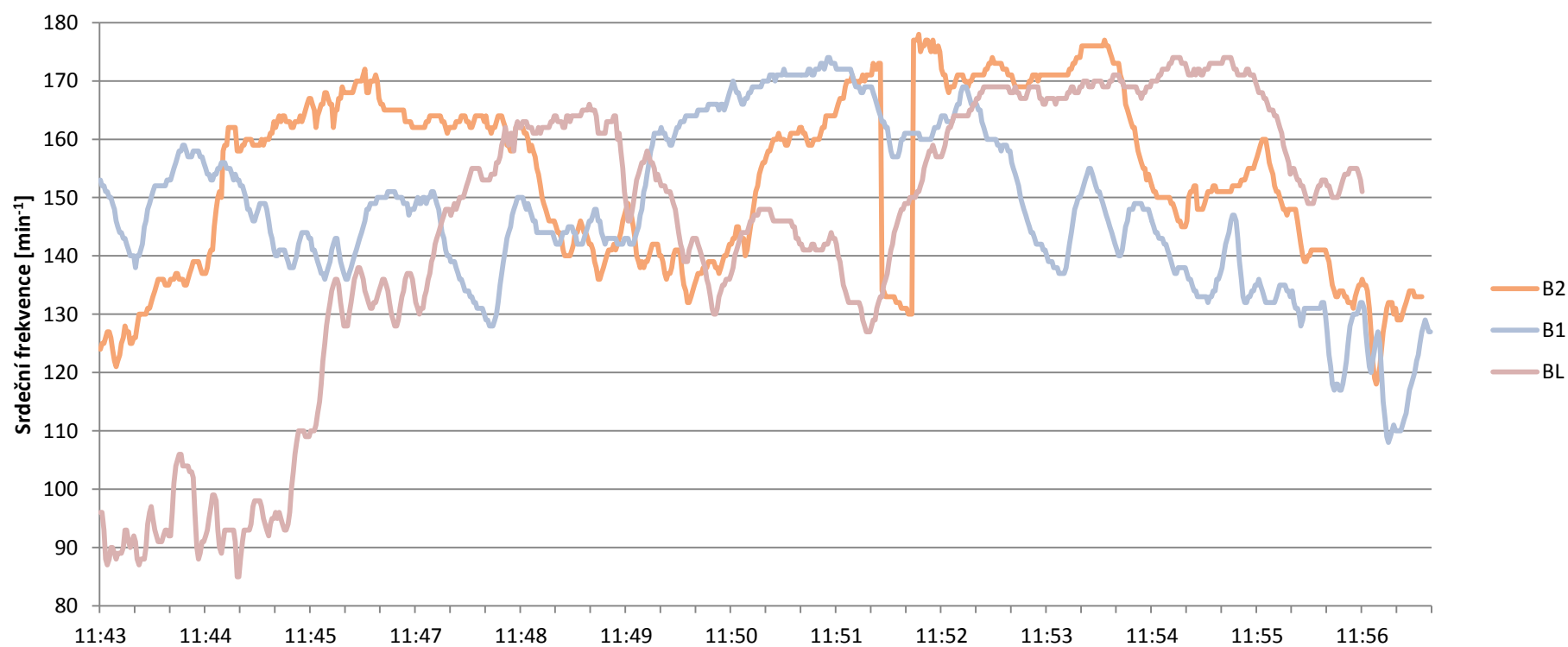
Dopoledne 60 % A



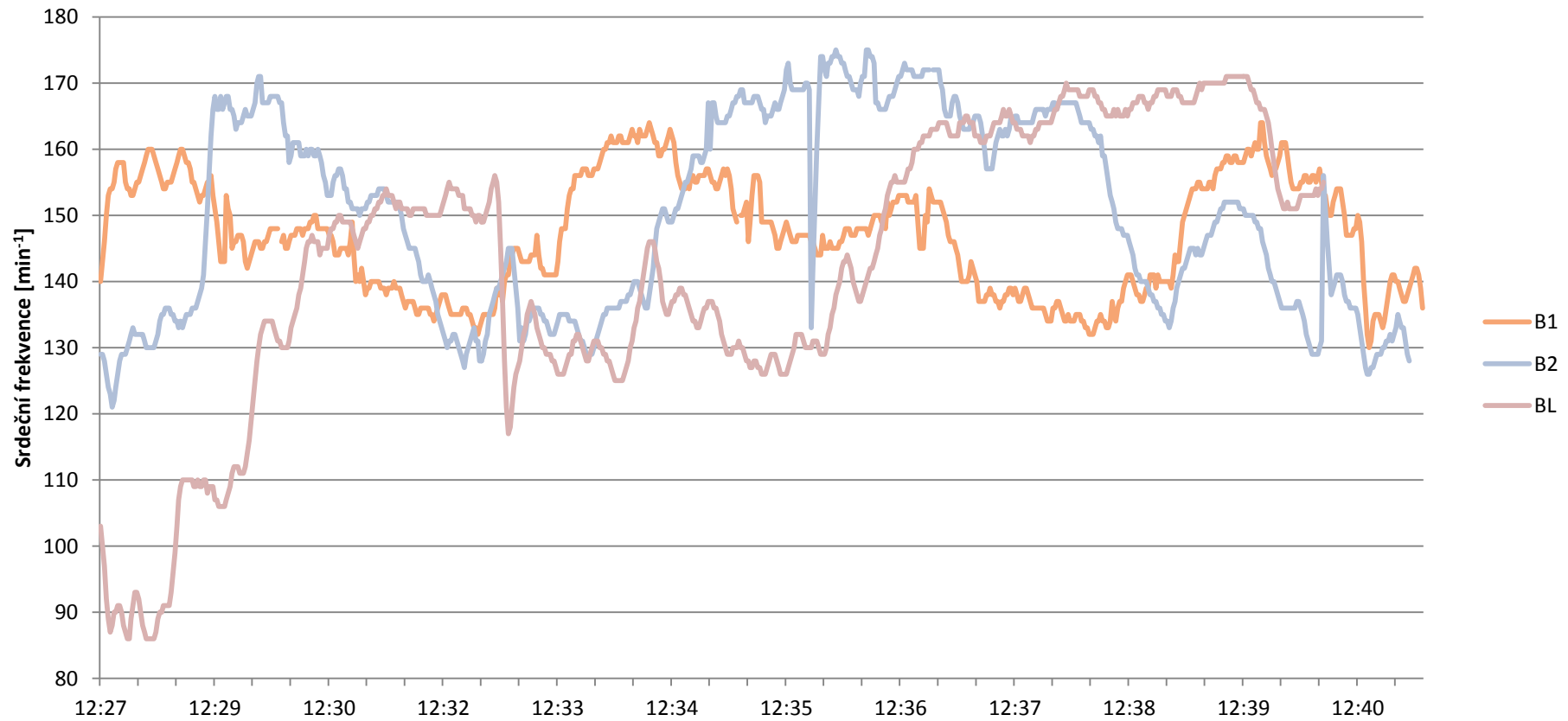
Dopoledne 90 % A



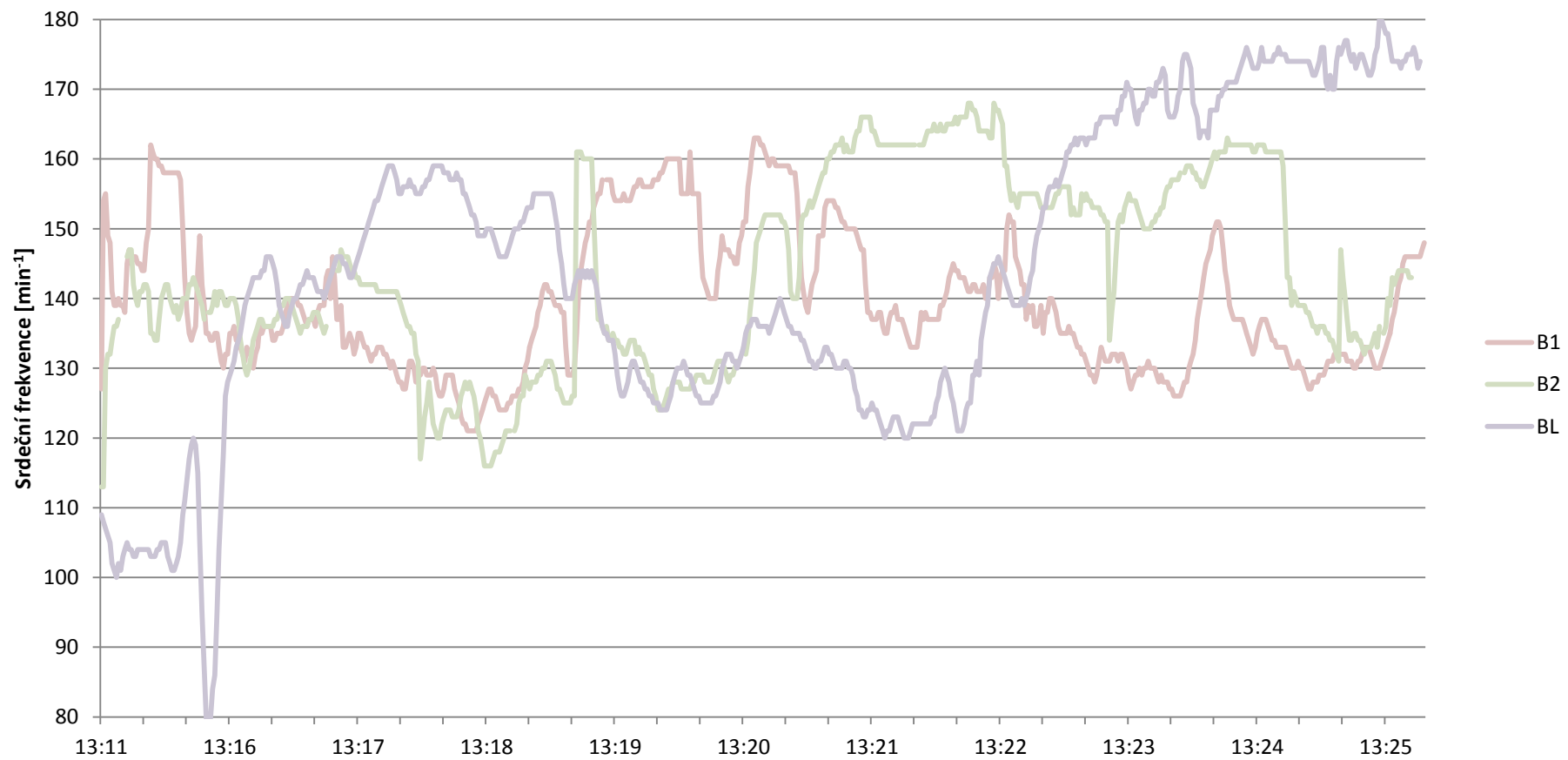
Dopoledne 30 % B

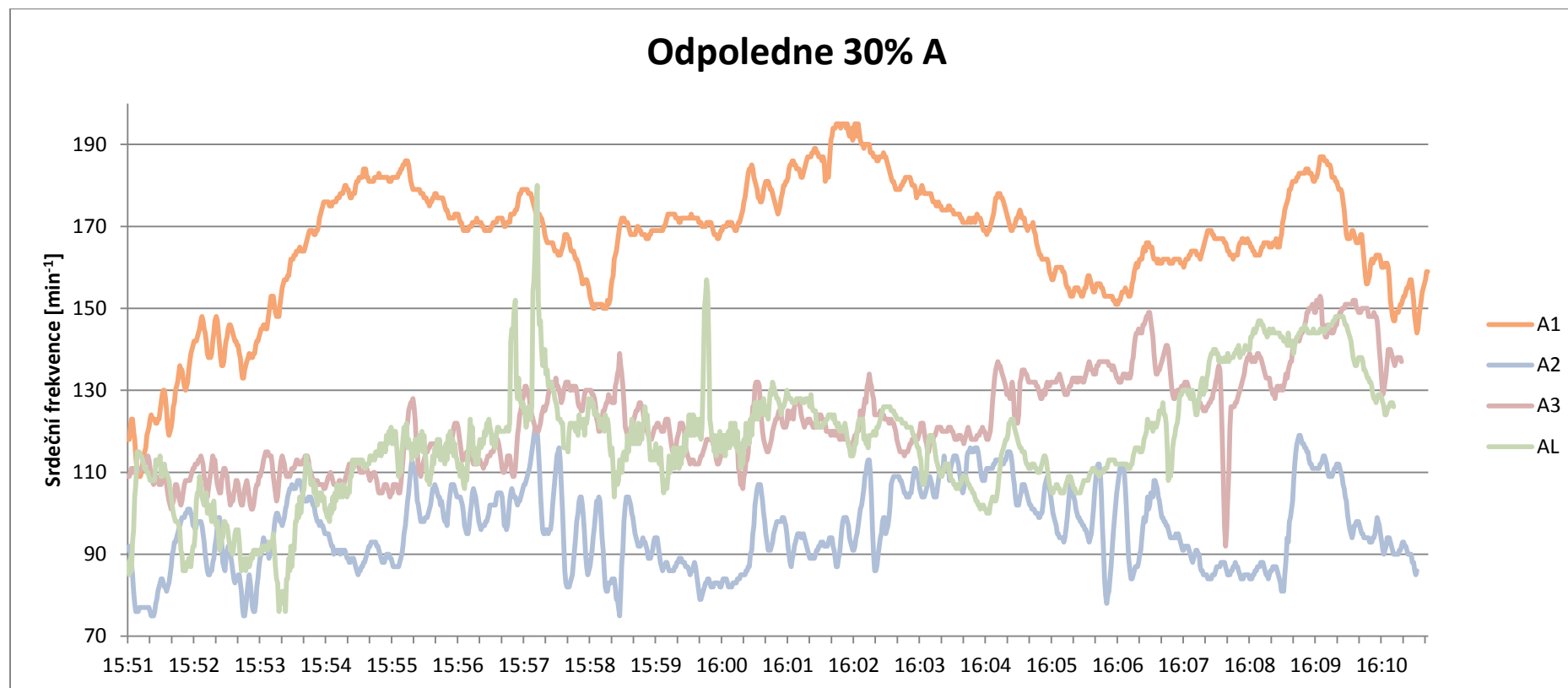


Dopoledne 60 % B

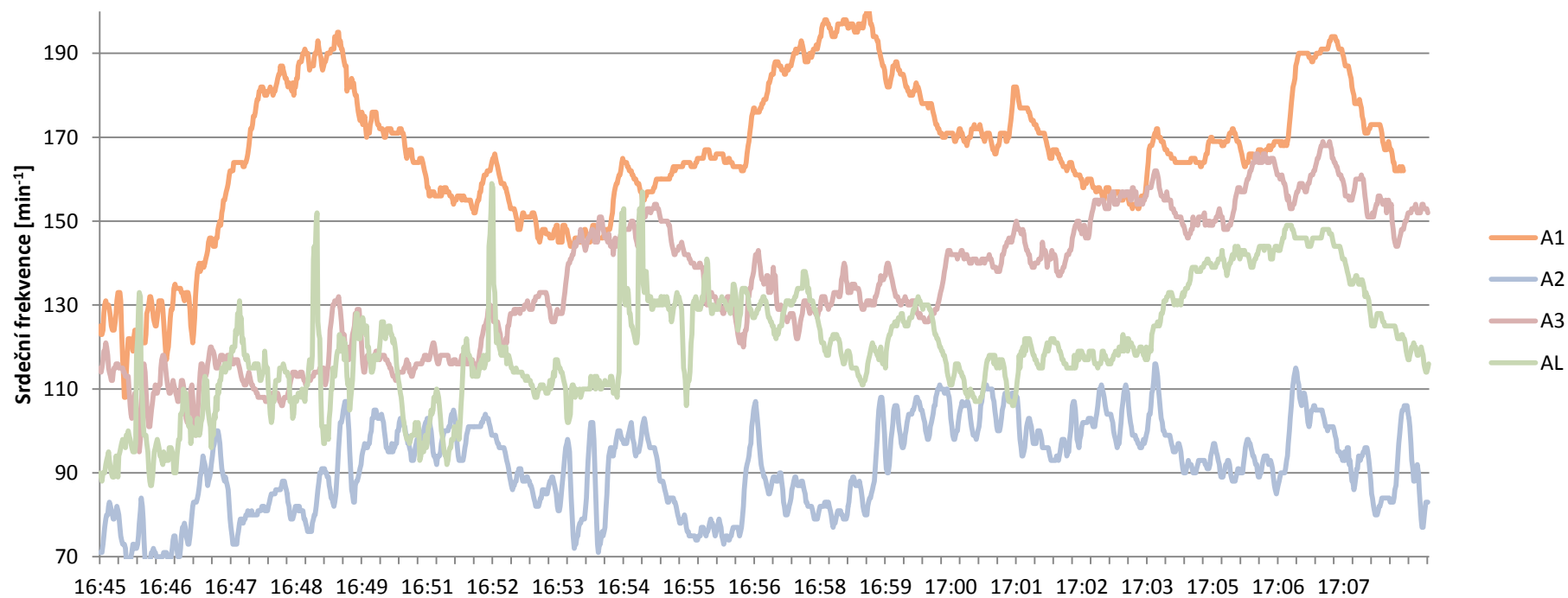


Dopoledne 90 % B

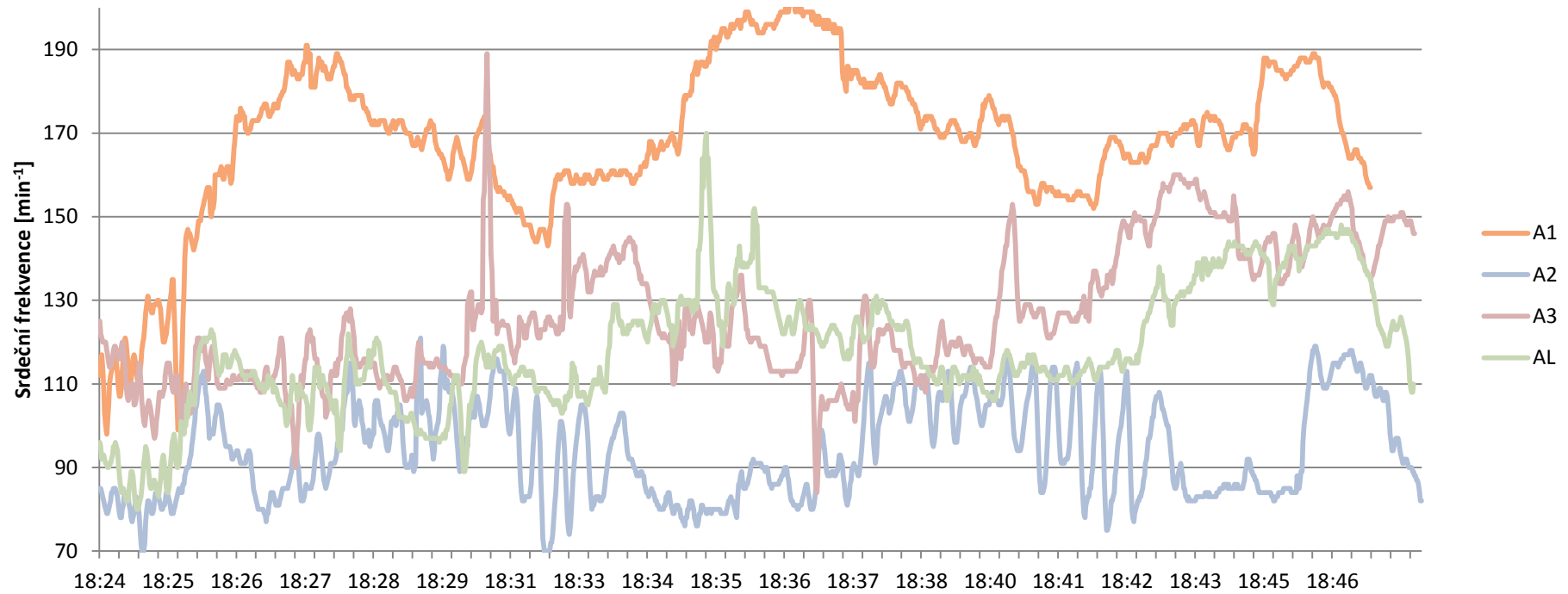




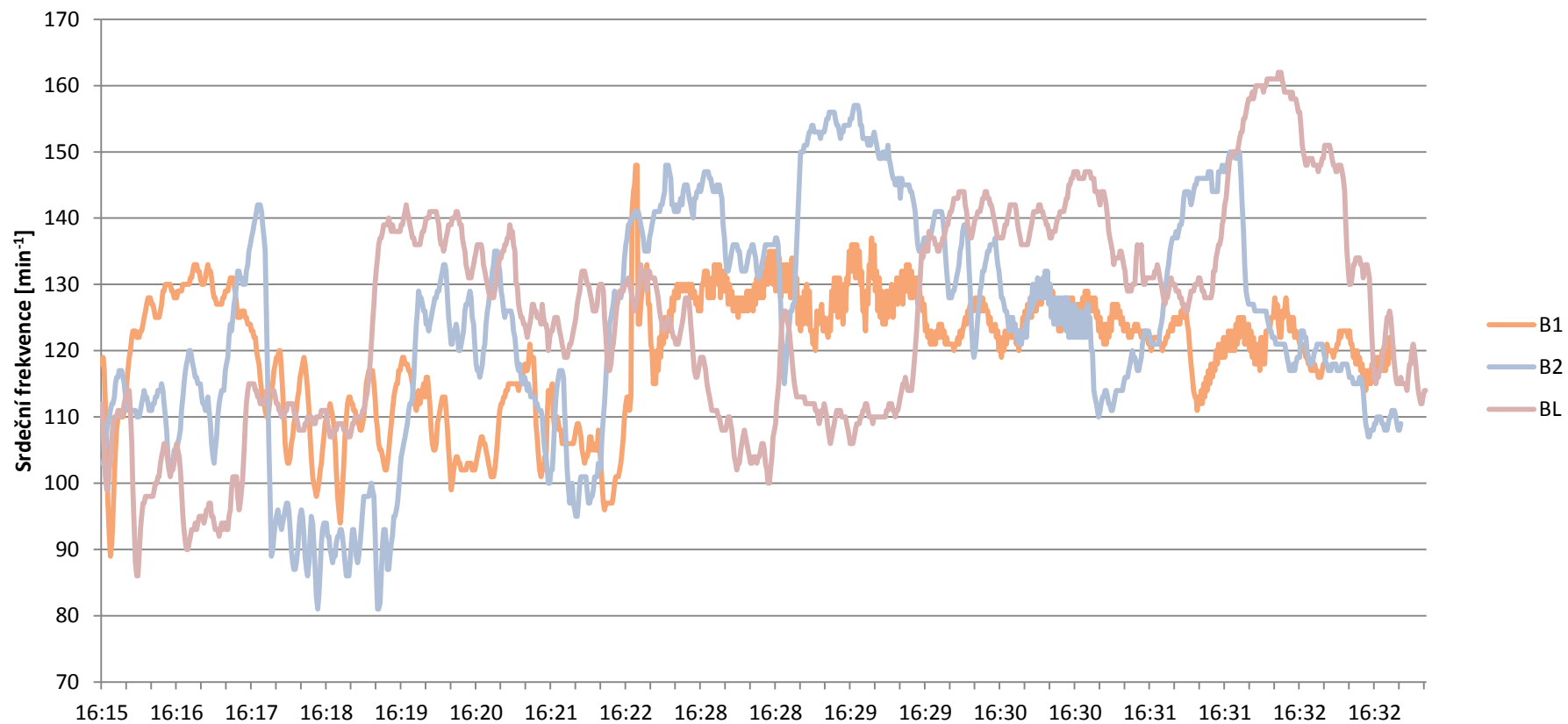
Odpoledne 60% A



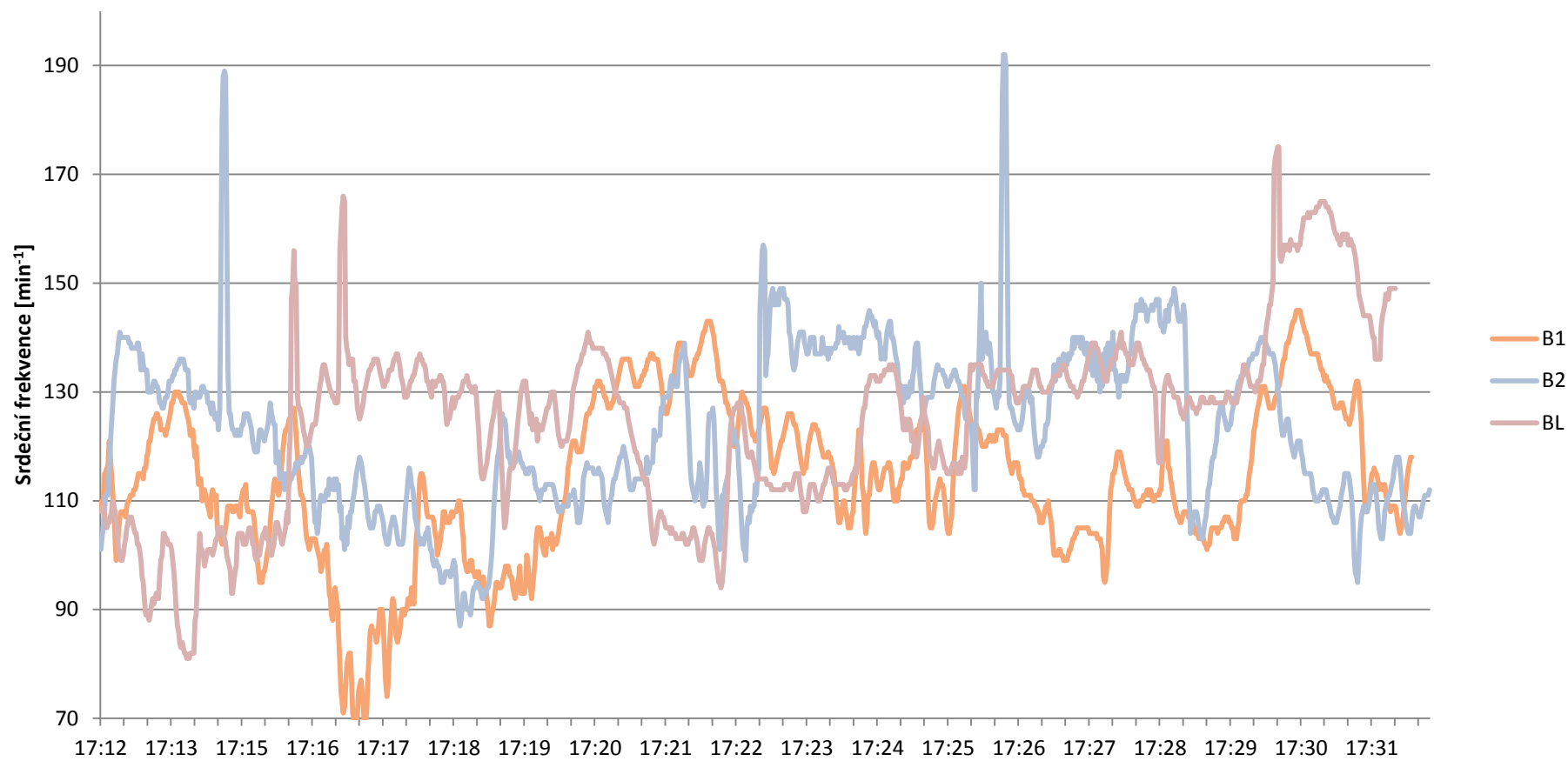
Odpoledne 90 % A



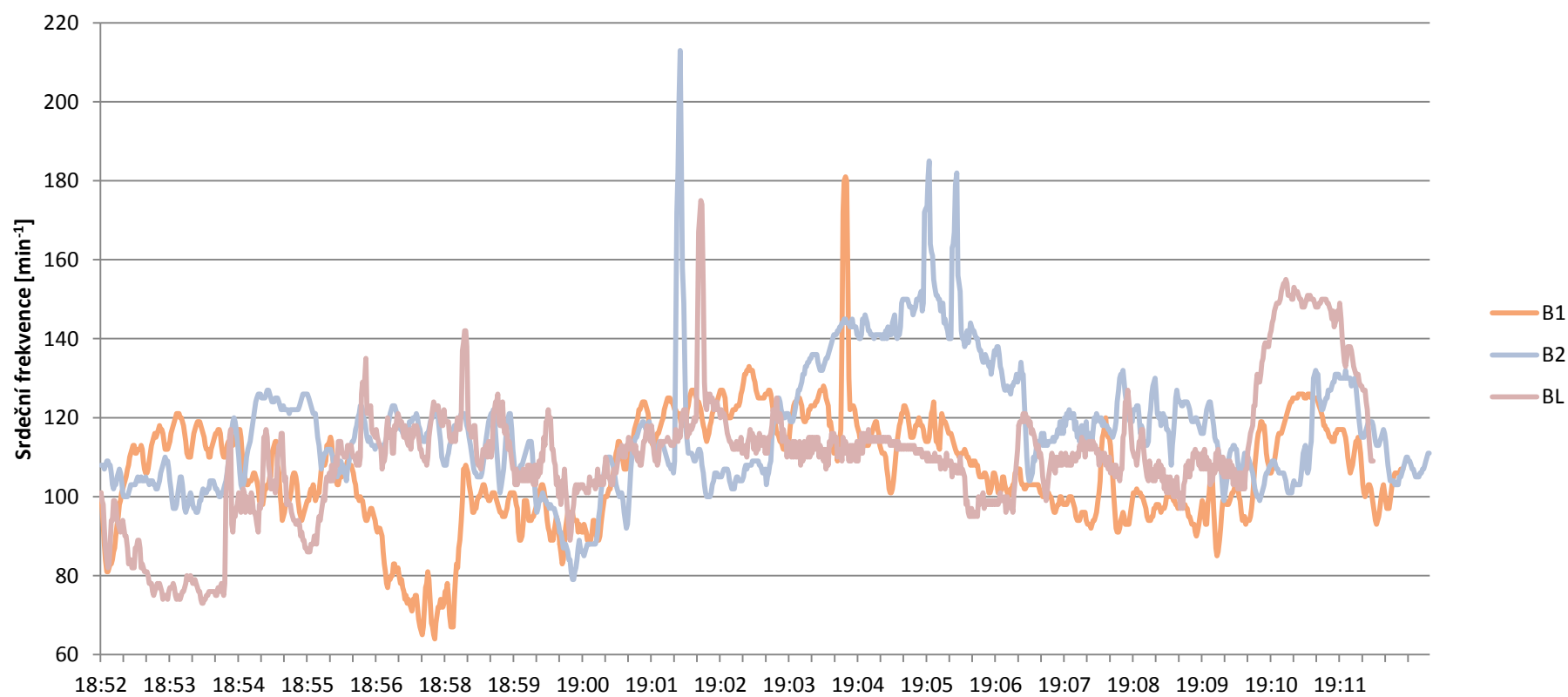
Odpoledne 30 % B



Odpoledne 60 % B



Odpoledne 90 % B



Příloha E

Fotogalerie



Fotografie 1 Umisťování termočlánků: autor Hedvika Šikulová



Fotografie 2 Výcvik I: autor Hedvika Šikulová



Fotografie 3 Výcvik II: autor Ing. Ladislav Jánošík



Fotografie 4 Výcvik III: autor Ing. Ladislav Jánošík